

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ «КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

Факультет електроніки
(повна назва інституту/факультету)

Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації
(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»
УДК 771.319.12

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

_____ Г.Г.Власюк
(підпис) (ініціали, прізвище)

“ 10 ” грудня 2018 р.

Магістерська дисертація

зі спеціальності 171 Електроніка

(код і назва спеціальності)

на тему: «Дослідження функціональних можливостей беззеркальних фотокамер»

Виконав: студент VI курсу, групи ДВ-72мп

(шифр групи)

Василенко Олександр Вячеславович

(прізвище, ім'я, по батькові)

(підпис)

Науковий керівник асистент, к.т.н., Романюк М. І.

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2018 року

**Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут
імені Ігоря Сікорського»**

Інститут (факультет) _____ Факультет електроніки _____
(повна назва)

Кафедра _____ Кафедра звукотехніки та реєстрації інформації _____
(повна назва)

Рівень вищої освіти – другий (магістерський) за освітньо-професійною програмою

Спеціальність 171 Електроніка (Електронні та інформаційні технології кінематографії та аудіовізуальних систем)
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Г.Г.Власюк _____
(підпис) (ініціали, прізвище)

«10» вересня 2017 р.

**ЗАВДАННЯ
на магістерську дисертацію студенту**

Василенку Олександрю Вячеславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дисертації «Дослідження функціональних можливостей бездзеркальних фотокамер»,

науковий керівник дисертації Романюк Маргарита Ігорівна, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від «07» листопада 2018 р. № 4114-с

2. Строк подання студентом дисертації 10.12.2018 р.
3. Об'єкт дослідження: світлочутливий сенсор бездзеркальної фотокамери, процес зчитування та кодування фотосигналу
4. Предмет дослідження (Вихідні дані – для магістерської дисертації за освітньо-професійною програмою): КМОН та ПЗЗ матриці, бездзеркальний фотоапарат, затвор, Canon 5D Mark II, Sony a9, Adobe Premiere Pro, Mercalli V4 SAL+.

5. Перелік завдань, які потрібно розробити: проаналізувати розвиток фотокамер; розібрати особливості будови та принцип дії бездзеркальних фотокамер; вивчити причини виникнення спотворень зображення при зйомці об'єктів, що швидко рухаються; дослідити алгоритми боротьби з дефектами пов'язаними з послідовним зчитуванням даних з матриці фотоапарата; виконати порівняння програмних методів усунення ефекту Rolling Shutter; запропонувати способи усунення ефекту Rolling Shutter при використанні бездзеркальних фотокамер..
6. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: 1) 68 рис, 28 табл., 1 презентація, 10 слайдів.
7. Орієнтовний перелік публікацій: 1) Використання мереж п'ятого покоління для передачі VR-контенту: Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі. 2018. – С. 48. 2) Порівняння DSLR та MILC фотокамер: Матеріали XI міжнародної науково-практичної інтернет-конференції «Осінні наукові читання» 2018 р. Ч. 1.с.8 3) Функціональні можливості сучасних фотокамер для потреб зйомки об'єктів, що швидко рухаються Матеріали науково-технічної конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі», 2018 р., - С.14
8. Дата видачі завдання 10. 09. 2017 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання магістерської дисертації	Строк виконання етапів магістерської дисертації	Примітка
1	Написання першого розділу: Аналіз еволюції фотокамер	15.12.2017	
2	Написання другого розділу: Будова, функціональні можливості бездзеркального фотоапарату в порівнянні з dslr	30.05.2018	
3	Написання третього розділу: Застосування бездзеркальних фотокамер для зйомки об'єктів, що швидко рухаються та проблеми, які виникають	10.10.2018	
4	Написання четвертого розділу: Дослідження та порівняння можливостей усунення ефекту rolling shutter	09.11.2018	
5	Підготовка матеріалів до друку та оформлення пояснювальної записки	30.11.2018	
6	Підготовка та оформлення плакатів для доповіді	03.12.2018	

Студент

(підпис)

О.В. Василенко

(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

(підпис)

М.І. Романюк

(ініціали, прізвище)

РЕФЕРАТ

Магістерська дисертація: 115 с., 68 рис., 28 табл., 25 джерел, 1 додаток.

БЕЗДЗЕРКАЛЬНІ ФОТОКАМЕРИ, ROLLING SHUTTER, СПОТВОРЕННЯ ЗОБРАЖЕННЯ, МАТРИЦЯ ФОТОАПАРАТУ, КМОН-СЕНСОР

Актуальність теми роботи полягає у тому, що бездзеркальні фотокамери, як одні з найбільш розвинених апаратних засобів для проведення фото та відеозйомки, все частіше використовують у професійній діяльності сучасні фотографи. Розвиток фотознімальної апаратури супроводжується використанням вдосконалених складових компонентів, функціональні можливості яких мають забезпечувати реєстрацію зображень, без спотворення різного роду ефектами.

Об'єкт дослідження: світлочутливий сенсор бездзеркальної фотокамери, процес зчитування та кодування фотосигналу.

Метою дослідження є визначення найкращого способу позбавлення від ефекту Rolling Shutter, що виникає в сучасних бездзеркальних фотокамерах, під час зйомки об'єктів що швидко рухаються.

Для досягнення поставленої мети у дисертації вирішені такі завдання: досліджено роботу бездзеркальних фотокамер, вивчено їх функціональні можливості. Досліджено природу виявлення спотворення зображення під назвою Rolling Shutter. Запропоновано методи зйомки об'єктів, що швидко рухаються, алгоритми боротьби з дефектами пов'язаними з послідовним зчитуванням даних з матриці фотоапарата та проведено порівняння роботи двох популярних програм для усунення ефекту Rolling Shutter.

SUMMARY

Master's thesis: 115 p., 68 fig., 28 tab., 25 sources, 1 application.

MIRRORLESS PHOTO CAMERA, ROLLING SHUTTER, DIGITAL IMAGE, MATRIX PHOTO CAMERA, CMOS-SENSOR

The topicality of the theme of the work is that mirrorless cameras, as one of the most advanced hardware for photo and video shooting, are increasingly using modern photographers in their professional work. The development of photographic equipment is accompanied by the use of advanced component of components, whose functionality should ensure the registration of images, without distorting all sorts of effects.

Object of research: light-sensitive sensor of a non-mirror camera, process of reading and encoding of a photo signal.

The purpose of the study is to determine the best way to get rid of the Rolling Shutter effect that occurs in modern, mirrorless cameras, when shooting fast-moving objects.

In order to achieve the goal in the dissertation, the following tasks were solved: the work of mirrorless cameras was investigated, their functional capabilities were studied. The nature of the image distortion detection called Rolling Shutter is explored. The methods of shooting fast-moving objects, algorithms for the correction against defects connected with the serial reading of the data from the matrix of the camera are proposed, and a comparison of the work of two popular programs to liquidation the effect of Rolling Shutter.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І	
ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
1 АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ФОТОКАМЕР	12
1.1 Камера обскура	12
1.2 Геліографія та дагеротип	14
1.3 Мокроколодіонний процес (амбротипія)	16
1.4 Kodak-революція	18
1.5 Перші компактні камери	19
1.6 TLR та SLR камери	20
1.7 Миттєвий знімок	22
1.8 Перехід до цифрових камер	25
1.9 MILC (цифрові бездзеркальні фотокамери)	30
2 БУДОВА, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ БЕЗДЗЕРКАЛЬНОГО ФОТОАПАРАТУ В ПОРІВНЯННІ З DSLR	34
2.1. Будова цифрового дзеркального фотоапарата	34
2.2. Будова цифрового бездзеркального фотоапарата	38
2.3. Порівняння функціональних можливостей цифрового дзеркального та бездзеркального фотоапаратів	40
2.3.1 Матриця та стабілізація зображення	40
2.3.2 Зйомка відео	47
2.3.3 Швидкість зйомки фото	50
3 ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗДЗЕРКАЛЬНИХ ФОТОКАМЕР ДЛЯ ЗЙОМКИ	

ОБ’ЄКТІВ, ЩО ШВИДКО РУХАЮТЬСЯ ТА ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ВИНΙΚАЮТЬ	53
3.1 Розмиття фону	54
3.2 Метод «заморозки» часу.....	57
3.3 Ефект Rolling Shutter.....	62
4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ УСУНЕННЯ ЕФЕКТУ ROLLING SHUTTER	70
4.1 Апаратні методи боротьби з ефектом Rolling Shutter	70
4.1.1 Використання стабілізаторів під час зйомки	70
4.1.2 Використання глобального затвору	75
4.1.3 Алгоритм аналізу та усунення дефекту Rolling Shutter	78
4.2. Програмні методи боротьби з ефектом Rolling Shutter.....	84
4.2.1 Усунення Rolling Shutter за допомогою Rolling Shutter Repair Adobe Prmiere Pro.....	85
4.2.2 Усунення Rolling Shutter за допомогою програмного забезпечення Prodad Mercalli V4 SAL+	88
5 СТАРТАП–ПРОЕКТ	96
5.1 Опис ідеї проекту	96
5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.	97
5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту.....	97
5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту	101
5.5. Розроблення маркетингової програми стартап–проекту	103
ВИСНОВКИ	107
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	109
ДОДАТОК А.....	112

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ

АЦП	–	Аналогово-цифровий перетворювач
ГЧЗП	–	Глибина чітко зображуваного простору
КМОН	–	Комплементарна структура метал-оксид-напівпровідник
ПЗЗ	–	Прилад з зарядовим зв'язком;
APS - C	–	Advanced Photo System type-C – формат сенсора цифрових фотоапаратів, розмір яких становить 25,1×16,7 мм
APS - H	–	Advanced Photo System type-H – формат сенсора цифрових фотоапаратів, розмір яких становить 28,1×18,7 мм
DSLR	–	Digital single-lens reflex camera (Цифрова однооб'єктивна дзеркальна фотокамера)
DVI	–	Digital Visual Interface (цифровий відеоінтерфейс);
LCD	–	liquid crystal display – дисплей на основі рідких кристалів
MILC	–	Mirrorless Interchangeable Lens Camera – бездзеркальна фотокамера
Scanline	–	Построкове зчитування рядків
SLR	–	Single-lens reflex (однооб'єктивна дзеркальна фотокамера)
TLR	–	Twin-lens reflex camera(двооб'єктивна дзеркальна фотокамера)

ВСТУП

Актуальність дослідження. У сучасному світі необхідність захоплення певних моментів життя здобуває все більшу популярність ніж десятиліття назад. З розвитком технологій пристрої реєстрації візуальної інформації змінюють свою форму та можливості, що виходять за межі звичайного фотоапарату. Додаються та вдосконалюються компоненти, які дозволяють використовувати бездзеркальні фотокамери у якості основного засобу отримання якісного фото- та відеозображення, що у подальшому може бути використано для дослідницьких, наукових або розважальних цілей. Проте, через встановлення у такі камери дешевих та маленьких світлочутливих матриць, з'являються певні артефакти, що погіршує якість отриманого зображення.

Найбільш поширеними є дві технології побудови світлочутливих сенсорів для сучасних фотоапаратів, а саме КМОН (комплементарний металооксидний напівпровідник) та ПЗЗ (прилад з зарядовим зв'язком). КМОН-сенсори забезпечують почергове зчитування даних з пікселів з матриці, а з використанням ПЗЗ можливо отримати зображення у один момент часу. Така особливість КМОН матриць породжує певні спотворення, що називають ефектом шторного затвору (або англ. Rolling Shutter), що стає помітним при динамічній зміні картини, що знімають. Такі спотворення виникають з двох причин: перша – через рух камери, друга – через швидкий рух об'єкту зйомки. Вдосконалюючи апаратним чи програмним шляхом певні компоненти фотокамери можливо позбавитись вказаного ефекту, чому і присвячена робота.

Метою дослідження є визначення найкращого способу позбавлення від ефекту Rolling Shutter в сучасних бездзеркальних фотокамерах

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

1. Проаналізувати розвиток фотокамер;
2. Розібрати особливості будови та принцип дії бездзеркальних фотокамер
3. Вивчити причини виникнення спотворень зображення при зйомці

об'єктів, що швидко рухаються;

4. Дослідити алгоритми боротьби з дефектами пов'язаними з послідовним зчитуванням даних з матриці фотоапарата.

5. Виконати порівняння програмних методів усунення ефекту Rolling Shutter;

6. Запропонувати способи усунення ефекту Rolling Shutter при використанні бездзеркальних фотокамер.

Об'єкт дослідження – матриця бездзеркальних фотокамер, процес зчитування фотосигналу, його кодування, передавання та декодування.

Предмет дослідження – методи та технології зчитування даних в матрицях бездзеркальних фотоапаратів. Програмні та апаратні засоби для усунення дефектів зображення, отриманих бездзеркальною фотокамерою.

Методи дослідження – теоретичне дослідження процесу зчитування та кодування відеозображення, аналіз готових рішень для зменшення ефекту Rolling Shutter, тестування існуючих засобів, що використовуються для забезпечення зменшення ефекту Rolling Shutter.

Наукова новизна отриманих результатів: запропоновано спосіб, що дозволить покращити функціональні можливості бездзеркальних фотокамер при зйомці об'єктів, що швидко рухаються.

Практична цінність отриманих результатів: практична цінність отриманих результатів полягає в тому, що запропонований спосіб дозволяє використовувати більш дешевші фотокамери і прибирати артефакти при зйомці об'єктів, що швидко рухаються.

Апробація результатів роботи. Результати роботи були апробовані на таких конференціях:

1. Науково-технічна конференція студентів, аспірантів та науковців «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі», 25 травня 2018 р.

2. XI міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Осінні наукові читання», 23 листопада 2018 р.

Публікації

1. О.В. Василенко Використання мереж п'ятого покоління для передачі VR-контенту: Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі. [Електронний ресурс] / Василенко О.В. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 48. – Режим доступу:

http://kaf-ztri.kpi.ua/wpcontent/uploads/2018/10/CONFERENCE_ZTRI_2018.pdf

2. О.В. Василенко. Порівняння DSLR та MILC фотокамер: Матеріали XI міжнародної науково–практичної інтернет–конференції «Осінні наукові читання» [Електронний ресурс] / Василенко О.В.: Осінні наукові читання: XI Міжнародна науково–практична інтернет-конференція: тези доповідей, Дніпро, 23 листопада 2018 р. – Ч. 1.с.8– Режим доступу:

https://docs.wixstatic.com/ugd/45d5bc_8882b5156b2b4e17a8315ec89bb947b7.pdf

3. О.В. Василенко. Функціональні можливості сучасних фотокамер для потреб зйомки об'єктів, що швидко рухаються Матеріали науково-технічної конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». [Електронний ресурс] / Василенко О.В. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 14.

1 АНАЛІЗ ЕВОЛЮЦІЇ ФОТОКАМЕР

Фото- та відеокамери необхідний інструмент для засобів масової інформації, різних візуальних мистецтв, та можливості захоплювати моменти, які потрібно запам'ятати. Незалежно від професійних навичок користувача, знання історії фотокамери, допоможе оцінити фотографію та інструменти, які використовують для її отримання набагато краще.

Розділ присвячений стислій історії розвитку фотокамери та технологій зйомок у розрізі застосування для різних знімальних потреб. Перш ніж перейти до подробиць історії камери, доцільно дати їй визначення. Якщо просто, то камера – це пристрій, що використовується для фотографування та є основним інструментом мистецтва фотографії. Фотографія походить з грецької та буквально може означати «малювання світлом». Це слово в історії фотографії вперше використано сером Джоном Ф. В. Гершелем у 1839 році.

Отже, камера – це пристрій, який фіксує світло та записує зображення за допомогою світла або інших пов'язаних форм випромінювання на чутливий матеріал. Камера використовує лінзи, дзеркала, власне джерело світла та носії, на яких можна зберегти знімок.

1.1 Камера обскура

Історія фотографії та еволюція камери, є подібною до того, що перші версії камери, хоча і вважалися геніальними у свій час, були дуже грубими інструментами фотографії в порівнянні з серединою минулого сторіччя та тим паче «розумними» камерами, які люди винайшли сьогодні.

Самою першою "камерою" стала камера обскура або камера з крихітним отвором (рис.1.1). Цей пристрій у часовій шкалі історії фотографії, датується давніми греками та стародавніми китайцями. Пристрій використовує отвір для проектування зображення, але отримана проекція була перевернута. Винахідником камери–обскури називають Ібн Аль-Хайтама, що у свій час вважався авторитетом

у галузі оптики, був пізніше відомий в історії фотографії, як той, хто створив камеру з крихітними отворами в 1000 р. н.е.

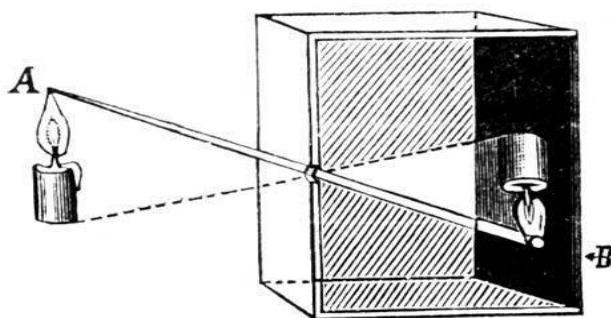


Рисунок 1.1 – Схематичне зображення камери обскура

Камера-обскура не забезпечує високої різкості зображення. До певної межі різкість зображення може бути підвищена шляхом зменшення діаметра отвору, але при занадто сильному зменшенні починають позначатися ефекти дифракції, і зображення стає ще більш розпливчастим. Процес розмиття є реалізацією математичної операції згортки: зображення на екрані є згорткою предмета що фотографується з плямою розсіювання (англ. Point spread function), форма якої в ідеальному випадку збігається з формою отвору (якщо знехтувати дифракцією й іншими спотвореннями). Наприклад, якщо отвір має форму щілини, то зображення виявиться лінійно розмитим; якщо зробити кілька отворів, то зображення буде «розмноженим».

Обскура характеризується нескінченно великою глибиною різкості. Говорити про фокусну відстань обскури можна тільки умовно. Під еквівалентною фокусною відстанню такої камери зазвичай розуміють відстань від отвору до екрана f . Співвідношення f/D називається, як і в об'єктиві, діафрагма. Камера з $f=100$ мм і діаметром отвору $D=0,5$ мм має діафрагму рівну 200. Збільшення отвору (апертури) до 1 мм (на два ступеня) зменшує число до 100. Тривалість витримки, таким чином, зменшується до 25 одиниць.

Найскладніше в камері-обскура – це оптичний принцип, на якому засновано її дію. Зображення потрапляють в камеру так само, як в людське око: через

невеликий отвір і в перевернутому вигляді. Світло проникає в отвір під кутом, і промені, відбиті від верхніх частин об'єктів, направляються вниз, а ті, що відбиваються від об'єктів, що знаходяться біля самої землі, спрямовуються вгору. У темному просторі камери промені перетинаються – і вид перегортається. Якщо зображення, яке потрапляє до нас в око, коригує мозок, то картинку в звичайній камері перевертає дзеркало.

Портативна камера-обскура (рис.1.2) – ящик з дірочкою, забезпечений лінзою, набула популярності в XVII столітті. Художникам вона служила допоміжним інструментом; вчені стали використовувати її для спостереження за сонячними затемненнями. На початку XIX століття придумали, як зловити спроектоване зображення: до задньої стінки камери-обскури приставляли оброблені хімічними речовинами аркуші паперу або металеві пластинки. Так народилася фотографія.



Рисунок 1.2 – Портативна камера-обскура

1.2 Геліографія та дагеротип

В історії фотозйомки камера обскура була у споживанні в продовж багатьох років, але ніхто не міг зберегти зображення в формі, що довго зберігається та придатне для перегляду після створення саме у вигляді фотографії, а не малюнку.

Сьогодні вважається, що першим кому вдалося добитися зображення, одержуваного за допомогою камери-обскури (рис.1.3), був Жозеф Ньєпс Нісефор (Joseph Nicéphore Niépce 1765 - 1833) [1]. Приблизно з тридцятирічного віку

Нисефор Ньєпс присвячує своє життя винахідництву, довгі роки розділяючи цю пристрасть зі своїм братом Клодом. Більше 20 років брати віддають винаходу і вдосконаленню піреолофора (від грец. – «пір» (вогонь); еол (світ, володар вітрів, повітря); фор (виробляти, переносити, захоплювати).



Рисунок 1.3 – Перше в історії геліографічне зображення «Вид з вікна в Ле Гра»

Для поліпшення якості зображень Н'єпс експериментує з різними речовинами, але перші результати отримує лише, коли починає в 1821-м працювати з асфальтом (інші назви – сирійський асфальт, іудейський бітум, гірська смола), що володів певною світлочутливістю. Спочатку Ньєпс використовує асфальт для копіювання гравюр, а в 1822-му повідомляє про отримання в цій технології зображення в камері-обскура. Отримане зображення сильно відрізнялося від сучасної фотографії.

Н'єпс мав ідею перенесення зображень на інший носій для більш постійного рішення, хоча і не досить тривалого, щоб вважати що його винахід успішним. Партнер Н'єпса, Дагер, працював над його ідеєю після того, як Н'єпс помер у 1833 році. Через чотири роки Дагеру вдалося створити такий процес створення фотографії, який є першим практичним процесом, що дозволяє створювати зображення схоже до сучасних фотокарток.

Технологія Дагера ґрунтується на трьох новаціях: використання

світлочутливості йодистого срібла, яка проявляє здатності парів ртуті і властивості розчину кухонної солі закріплювати таким чином зображення. Як були здійснені всі ці відкриття, насправді невідомо.

Цілих два роки пішло на те, щоб виявити властивості розчину кухонної солі, що закріплює зображення. Таким чином, до 1837 року новий процес в основному освоєний.

Дагеротипна камера була коробчатою апаратурою, зробленою Мейсоном Суссе Фрешем у 1839 році. Цей пристрій має об'єктив, який був створений Чарльзом Шевальє.

Першим комерційним виробником дагеровських камер стає родич Дагера Альфонс Жиро (Alphonse Giroux, 1775 - 1848). У 1841 році Генрі Фокс Талбот придумав більш досконалий процес, який називався калотипом. Отримане зображення від цього процесу було перенесено на аркуш паперу або чутливу пластину. Термін "калотип" – грецький термін, що означає "гарну картину".

1.3 Мокроколодіонний процес (амбротипія)

Мокроколодіоним процес називається тому, що перед експонуванням скляні пластинки сенсibiliзують (підвищують світлочутливість) водним розчином нітрату срібла (рис.1.4). Тепер фотограф змушений включати дистильовану воду в свій експедиційний комплект, за обсягом і вагою значно більшим ніж потрібно було раніше, при дагеротипуванні. Такий комплект, крім води, включає намет, штативи, піддони, шкали, хімікалії, скляні пластинки необхідних форматів і набір камер під кожен з них. На місці, щоб обробити негатив, фотографу потрібно очистити скляну пластинку; приготувати і нанести на неї колодій, опустити пластинку в ванну з проявлювачем, експонувати в камері–обскура; проявити платівку поки колодій не висох, закріпити зображення і, нарешті, покрити його лаком. Проте переваги процесу (головні з яких – велика різкість і набагато коротша, менше секунди, витримка) все одно покривають його недоліки: він дозволяє отримати більш передбачуваний результат за більш короткий час.



Рисцнок 1.4 – Мокроколодіонний процес сенсйбілізування скляної пластини

Для друку при мокроколодіонній зйомці використовується як сольовий папір, так і (в незрівнянно більшому обсязі) нововинайдений альбуміновий. Він дає чітке, контрастне зображення і має глянцеvu поверхнею. Головним недоліком як сольових, так і білкових фотопаперів є їх нестійкість, яка веде до швидкого вицвітання зображень. Крім того, білкова емульсія надчутлива до блакитної частини спектра і недостатньо чутлива до зеленої і червоної частин, тому на відбитку виходить або перетемнений перший план, або біле небо. Для вирішення проблеми довго використовували спеціальні маски і друк з двох негативів.

Введення мокроколодіонної технології рішуче впливає на популярність колишніх процесів. Дагеротип в Європі 1850-х використовується вже майже виключно для портретування, а в США до початку 1860-х взагалі практично зникає. У 1852-му Телбот відкликає свій патент на калотипію, зберігши його дію тільки в сфері комерційного портретування, проте його технологія все більше згасає і в 1860-х лише зрідка використовується любителями. Проте, коли після перших захоплень з приводу колодію з'ясовується вся його складність, ряд фотографів повертається до використання негативів на вощеному (як засіб поліпшення чіткості і тональної чутливості) папері, описаної в 1851-м Гюставом Льогре і введеного в практику Роджером Фентоном, який так само, як і білковий, дозволяє досягати високої детальності. Фотографія бурхливо розвивається, але техніка ще довго вимагає від професіоналів специфічної вправності, залишаючись

дуже трудомісткою, примхливою і вимагає громіздкого обладнання.

1.4 Кодак-революція

Мокроколодіонний процес зберігає абсолютне лідерство аж до 1870–х років. Але на рубежі 1870-1880-х англійський фізик Річард Медокс, який працював в мікрофотографії, виявивши згубний вплив ефірних парів колодію на своє здоров'я, починає шукати альтернативу мокрому процесу. 8 вересня 1871 року публікує в *British Journal of Photography* статтю, в якій пропонує замість колодію покривати скляну пластинку желатином. На основі цієї ідеї починають працювати інші винахідники, в числі яких і Чарльз Бенет, що створює в 1878 році суху бромсрібну желатинову пластинку.

Спочатку ці пластинки були менш чутливі, ніж мокрий колодій. Однак після посилення їх світлочутливості (що дає можливість експонувати кадр в долі секунди) новий процес набуває популярності. Європейські та американські виробники починають індустріальне виробництво сухих фотопластин, які, незважаючи на їх вагу і крихкість, будуть використовуватися аж до 30-х років XX століття. Альтернатива желатиновим пластинкам з'являється в тому ж 1869 році, коли брати Хейат (John Hyatt, 1837-1920; Isaiah Hyatt), починають використовувати листи целулоїду; а в 1887-му Ганнібал Гудвін (H.W. Goodwin) вводить в практику ролик целулоїдної плівки, що дозволяє робити кілька кадрів підряд. Однак справжньою революцією в фотографії стають новації американця Джорджа Істмена (George Eastman, 1854 –1932). У 1885 році замість пластинок він вводить у вжиток роликову (катушкову) фотоплівку на паперовій основі. Правда, папір виявляється нестійким і не відповідає вимогам професіоналів до якості одержуваного зображення. Тому до весни 1889 го Істмен замінює стару плівку на нову, целулоїдну. Влітку 1888 року, виводить на ринок нову фотокамеру Kodak № 1 (назва не мала сенсу, зате була легким у вимові), що представляє собою портативний ящик з фіксованим фокусом. Камера дає різке зображення, починаючи з відстані близько 2,5 м. І продається в комплекті з катушкою плівки

(спочатку паперової, потім целулоїдною) на 100 кадрів, вартість комплекту – 25 доларів. Знявши плівку, покупець вислав камеру з роликом всередині на адресу «Eastman Company» (Рочестер, штат Нью-Йорк), а та, за додаткові 10 доларів, повертає йому її перезарядженою, в комплекті з надрукованими знімками (з характерними зображенням у формі кола).

З появою «Кодака» настає епоха масової моментальної зйомки з рук. «Ви натискаєте на кнопку, ми робимо все інше» (You press the button, we do the rest) – свідчить рекламний слоган «Кодака». У ньому ясно виражається стратегія компанії зробити фотографічну зйомку настільки простою, щоб вона була доступна не тільки професіоналам або навченим любителям, але буквально кожному. Так на світ з'являється миттєвий знімок в сьогоdnішньому розумінні, снєпшот (snap-shot, термін ввів Джон Гершель).

Зменшення часу експозиції в фотографії ХІХ століття є завданням настільки ж важливим, як і знаходження ефективної фотомеханічної технології. У найзагальнішому сенсі можна сказати, що це різні напрямки єдиного процесу. У першому випадку відбувається розмноження зображень у часі, а в другому – у просторі. У першому випадку результатом виявляються масова snap-shot фотографія і кінематограф, у другому – фотоілюстрована масова преса. В цілому ж процес веде до створення розвиненої системи мас-медіа, а його форми (тиражне статичне і зображення що рухається) остаточно об'єднуються вже в епоху цифрової революції кінця ХХ століття. У 1839 році експозиція, необхідна для отримання дагеротипу, становить від п'ятнадцяти до тридцяти хвилин. На початку 1850-х експозиція, необхідна при мокроколодіонному процесі, займає вже секунди.

1.5 Перші компактні камери

Kodak і Brownie були доступними камерами, але вони були не дуже компактними. Зручна обробка і велика мобільність безумовно будуть більш привабливими для більшої кількості покупців, які зацікавлені в створенні власних фотографій.

Оскар Барнак вирішив експериментувати з 35-мм кінострічкою, одночасно намагаючись зробити компактну камеру. Його прототипом була 35-мм Ur-Leica (рис. 1.5) що була розроблена в 1913 році.



Рисунок 1.5 – Ur-Leica

Однак її розвиток було відкладено через Першу світову війну, але тестові продажі з 1923 по 1924 рік отримали позитивні відгуки, які привели до комерційного виробництва «Leica 1», яка отримала свою назву від перших двох букв «Leitz», де працював Барнак, і «камери». Сьогодні камери Leica затребувані більшістю фотографів як вершина фотографічного обладнання.

1.6 TLR та SLR камери

В 1928 році була випущена Franke & Heidecke Rolleiflex (рис.1.6) TLR (twin-lens reflex) або двохлінзова рефлексорна камера, і вона стала відомою як перша рефлексорна камера. TLR, а також SLR (single-lens reflex) або однооб'єктивні рефлексорні камери, були доступні в продовж десятиріч, але вони були більш громіздкі, ніж коробчасті Kodak та інші більш портативні камери. Rolleiflex був іншим, хоча і досить компактным, щоб завоювати долю на масовому ринку [2]. В ті роки дизайн TLR став популярним як для високоякісних так і для дешевших камер.

була першою камерою, в якій використовувалася пентапризма. Приблизно в той же час був випущений Hasselblad 1600F, і це встановлює стандарт для SLR середнього формату протягом багатьох років.



Рисунок 1.8 – Перша камера в якій використано пентапризму для видошукача

У 1952 році була представлена фотокамера Asahiflex, і це було зроблено компанією Asahi Optical Company, яка тепер добре відома своїми камерами Pentax. У 1950–ті роки інші японські виробники фотоапаратів вийшли на світовий ринок. Це були такі виробники, як Canon, Nikon і Yashica. Першою японською системною камерою був Nikon F, який поставлявся зі змінними компонентами. Це допомогло встановити репутацію Nikon як виробника камер професійного рівня. Той шлях яким вони продовжують йти сьогодні.

1.7 Миттєвий знімок

Зв'язок між методом проявлення плівки, друку фотокарток та розробкою камер був встановлений ще в ранніх моделях камер. В камерах фірми Kodak та інших виробників потрібно було повертати відзняті плівки на завод для їх проявлення, що займало дуже багато часу. Після Другої світової війни, в кінці 1940-х, люди, нарешті, змогли миттєво закарбовувати найважливіші моменти свого життя недорого та без необхідності звертатися до професіональних студій чи купувати дороге обладнання. 28 листопада 1948 року Polaroid продемонстрував

свій новий дизайн камери (рис.1.9).

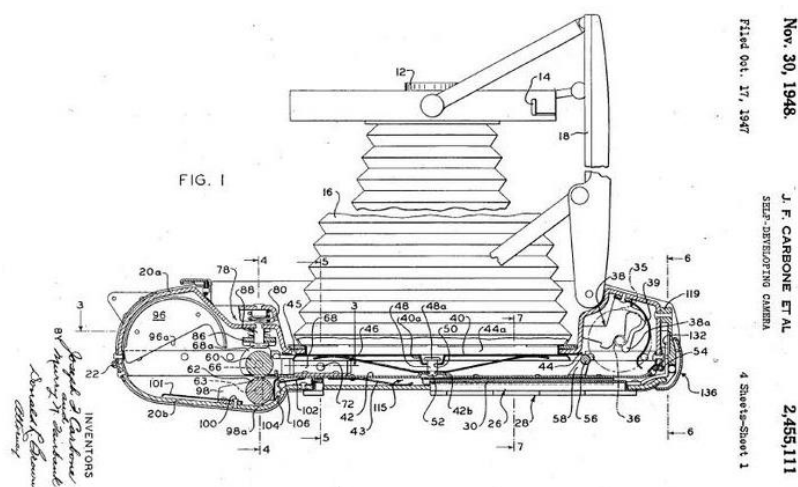


Рисунок 1.9 – Патент США №: US002455111 фірми Polaroid "Self-Developing Camera"(Камера з плівкою, що сама проявляється)

Більш громіздка, ніж звичайна камера стандарту 35-мм плівки, яка була популярна в ті дні, майже розміром з камеру великого формату, але вона запропонувала те, що ніхто інший в цій галузі не міг запропонувати. Ця складна камера поставляється з унікальною плівкою (рис.1.10), розробленою також компанією Polaroid, яка лише за хвилину могла виготовити повністю проявлену фотокартку, готову до перегляду, збереження чи передачі другу [3]. Ідея була новою, але в той період, коли всі плівки потрібно було відправити, щоб їх було проявлено, а потім надруковано у поєднанні з часом очікування, Polaroid запропонував зручну камеру, яка давала вам фотографію "миттєво".

У перший день продажу обидва фотоапарати та їх рулонна плівка були продані; ця камера, просто принесла новий вид фотографії, з яким буде асоціюватися компанія в майбутньому.

Едвін Ленд, винахідник, заснував корпорацію "Polaroid" в 1937 році після його проривних досліджень в області технології поляризації та почав виробляти сонцезахисні окуляри. Хоч ця частина виробництва була дуже вигідною для компанії, але найбільшої популярності компанія досягнула в 1943 році з винайденням Лендом революційної плівки, що миттєво проявляється.

Feb. 10, 1948. E. H. LAND 2,435,717
 DEVELOPING CAMERA UTILIZING A FILM, ANOTHER SHEET
 MATERIAL, AND A FLUID PROCESSING AGENT
 Filed Oct. 6, 1945 2 Sheets-Sheet 2

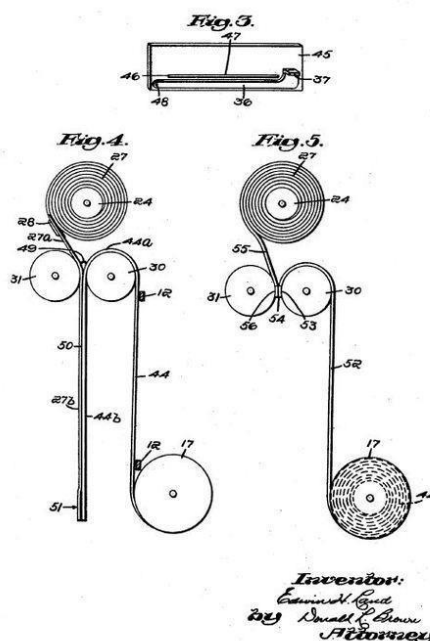


Рисунок 1.10 – Патент США № US002435717 плівки, що сама проявляється[4].

Після того, як клієнти розкупили всі тестові камери, Polaroid поспішив виготовити більше, але було важко втримати попит. Спочатку Polaroid придбав лінзи для моделі 95 від Воленсака, перш ніж вони мали можливості виробляти свої власні камери. Були внесені зміни для покращення фотокамери та скорочення витрат. Окрім незначних змін, дизайн самої камери залишався незмінним і був цілком функціональним для цього періоду. Він містив 135-міліметровий об'єктив F11, який мав лише 3 прості елементи, а фокус контролювався шляхом переміщення переднього кінця об'єктива вперед і назад. Затвор у моделі 95 був 4х листовим, що мав регульовані витримки від 1/8 до 1/60 с, кожна з яких позначається іншим значенням експозиції для полароїдної плівки під назвою "Polaroid Numbers".



Рисунок 1.11 – Три моделі камер фірми Polaroid Model 95 Land Cameras.
(Зліва направо: 95B, 95A, 95).

Model 95 у всьому досягнула величезного успіху. Усього було випущено приблизно 900 000 камер, що робить її однією з найуспішніших камер всіх часів. Спираючись на успіх оригінальної моделі, компанія Polaroid продовжувала вдосконалювати оригінальну модель 95 з моделлю 95A (виготовлялася з 1954 по 1957 рік) та модель 95B (виготовлялася з 1957 по 1961 рік), кожну з яких фірма продала від 500 000 одиниць відповідно до 300 000 одиниць відповідно (рис.1.11). Додаючи нове вічко видошукача, налаштування фокусної відстані та витримки затвора, пізніші моделі несли спадщину революційного дизайну цієї прекрасної та дуже ефективної камери. Сьогодні камера залишається такою, що в основному використовується як експонат, однак ясно, що Model 95 займає значне місце в історії фотографії.

1.8 Перехід до цифрових камер

В історії фотоапаратів, камери з миттєвим проявленням прийшли на зміну плівковим камерам і були найбільш схожими на сучасні цифрові фотокамери, оскільки стало можливо отримати готове зображення і подивитися на нього не користуючись послугами проявних студій.

Наразі цифрові камери є найбільш інноваційними в історії фотографії через відсутність необхідності використовувати плівку для збереження зображення і можливість використовувати внутрішні або зовнішні картки пам'яті. Також, ці фото можна друкувати, та миттєво переглянути на інших цифрових пристроях відображення інформації, таких як телевізор, комп'ютер або екран смартфона. Сучасні фотокамери мають рідкокристалічний дисплей, на якому можна переглянути щойно зроблену фотографію.

Принципова відмінність цифрових камер від плівкових полягає в тому, що зображення, зберігається в них не на плівці, а в пам'яті фотоапарата в цифровому вигляді.

Виходить цей цікавий ефект наступним чином: зображення, світло, що проходить через об'єктив цифрової камери, падає не на плівку, а на сенсор. Сенсор – найважливіша частина цифрового фотоапарата – являє собою матрицю світлочутливих елементів, які, реагуючи на падаюче світло, подають різні електронні сигнали. Отримані сигнали оброблюються спеціальним мікропроцесором і перетворюються в цифровий вигляд.

Переломним моментом для забезпечення описаних вище процесів стало винайдення в 1969 розробниками з Bell Laboratories – Уїллардом Бойлом і Джорджем Смітом приладу з зарядовим зв'язком (ПЗЗ) для реєстрації зображень.

У 1981 Sony випускає камеру Sony Mavica (рис.1.8.1) (скорочення від Magnetic Video Camera), з якої прийнято рахувати історію сучасної цифрової фотографії. Mavica була повноцінною дзеркальною камерою зі змінними об'єктивами і мала роздільну здатність 570×490 пікселів (0,28 Мп). Така камера дозволяла записувати окремі кадри в форматі NTSC і тому офіційно вона називалася «статичною відеокамерою» (Still video camera). Технічно, Mavica була продовженням лінійки телевізійних камер Sony на основі ПЗЗ-матриць. Багато в чому, поява Mavica була переверотом, аналогічним винаходу хімічного фотопроцесу на початку 19-го століття.



Рисунок 1.12 – Камера Sony Mavica та пам'ять фотоапарата Video Floppy і Mavipak

На зміну громіздким телекамерам з електронно-променевими трубками прийшов компактний пристрій на основі твердотільного ПЗЗ-сенсора. Отримані на ПЗЗ-матриці зображення зберігалися на спеціальному гнучкому магнітному диску в аналоговому відеоформаті NTSC. Диск був схожий на сучасну дискету, але мав розмір 2 дюйми. На нього можна було записати до 50 кадрів, а також звукові коментарі. Диск був перезаписуваний і називався Video Floppy і Mavipak.

Приблизно в той же час в канадському університеті Калгарі була розроблена перша повністю цифрова камера під назвою All-Sky camera. Вона призначалася для наукової фотозйомки, була зроблена на основі ПЗЗ-матриці Fairchild і видавала дані в цифровому форматі.

Цифрові фотокамери мають такі основні властивості:

- Живлення від акумуляторів;
- Наявність додаткових параметрів для ISO, балансу білого, фокусу, витримки затвора та роздільної здатності зображення серед інших;
- Наявність дисплея;
- Мають вбудовану або змінну пам'ять.

Після створення першої цифрової дзеркальної фотокамери японською компанією Sony хронологія розвитку DSLR була такою:

- 1988 Компанія Fuji, якій і належить право першості у виробництві повноцінної цифрової відео-фотокамери, спільно з Toshiba випустила камеру Fuji

DS-1P, засновану на ПЗЗ-матриці з роздільною здатністю в 0,4 Мп. DS-1P також стала першою камерою, яка записувала зображення у форматі NTSC не на магнітний диск, а на змінну карту пам'яті статичного ОЗП (Static RAM) з вбудованою для підтримки цілісності даних батареєю. У тому ж році Apple спільно з Kodak випускає першу програму для обробки фотозображень на комп'ютері – PhotoMac.

- 1990 З'явилася вже повністю цифрова, споживча камера – Dycam Model 1, більш відома під назвою Logitech FotoMan FM-1. Камера була чорно-біла (256 градацій сірого), мала роздільну здатність 376×240 пікселів і 1 Мб вбудованої оперативної пам'яті для зберігання 32 знімків, вбудований спалах і можливість підключити камеру до комп'ютера.

- 1991 Kodak, спільно з Nikon, випускає професійний дзеркальний цифровий фотоапарат Kodak DSC100 на основі камери Nikon F3. Запис зображень відбувався на жорсткий диск, що знаходився в окремому блоці, який важив близько 5 кг.

- 1994 Apple випускає Apple QuickTake 100. Фотокамера була випущена в корпусі, що нагадував бінокль (популярна в ті роки форма для відео-, фотокамер) і дозволяла зберігати у внутрішній Flash-пам'яті вісім знімків розміром 640×480 (0,3 Мп) або тридцять два знімки з половинною роздільною здатністю 320×200. Камера підключалася до комп'ютера за допомогою послідовного порту, живлення відбувалось від трьох батарейок формату AA.

- 1994 На ринку з'явилися перші Flash-карти форматів Compact Flash і SmartMedia, об'ємом від 2 до 24 Мбайт.

- 1995 Випущені перші споживчі фотоапарати Apple QuickTake 150, Kodak DC40, Casio QV-11 (перша цифрова фотокамера з LCD-дисплеєм і перша – з поворотним об'єктивом), Sony Cyber-Shot. Почалася гонка за зниження ціни і наближення якості цифрової фотографії до якості плівки.

- 1996 Прихід на ринок компанії Olympus, не тільки з новими моделями, але і з концепцією комплексного підходу до цифрового фото, заснованої на створенні локальної користувальницької інфраструктури: камера + принтер + сканер + персональне сховище фотоінформації.

- 1996 Fuji представила перший цифровий мінілаб. Технологія нового пристрою була гібридною – вона поєднувала в собі лазерні, цифрові і хімічні процеси. Надалі до виробництва цифрових мінілабів підключилися й інші компанії, зокрема, Noritsu і Konica.
- 1997 подоланий символічний рубіж в 1 мегапіксель: на початку року виходить камера FujiFilm DS-300 з 1,2-мегапіксельною матрицею, в середині – дзеркальна (на основі пентапризми) однооб’єктивна камера Olympus C-1400 XL (1,4 мегапікселя).
- 2000 Випуск камери Contax N Digital першої повнокадрової (24×36 мм) камери з роздільною здатністю 6 Мп.
- 2002 Sigma випускає камеру SD9 з тришаровою матрицею Foveon.
- 2003 Початок випуску Canon EOS 300D – першої доступної за ціною широкому колу фотографів дзеркальної цифрової фотокамери зі змінними об’єктивами. Завдяки цьому факту, а також випуску аналогічних камер іншими виробниками, сталося масове витіснення плівки.
- 2003 Компаніями Olympus, Kodak і FujiFilm представлений стандарт 4:3, спрямований на стандартизацію цифрових дзеркальних камер і випущена фотокамера Olympus E-1 під цей стандарт.
- 2005 Початок випуску Canon EOS 5D – першої доступної за ціною (ціна менше \$ 3000) камери з повнокадровим сенсором з роздільною здатністю 12.7 Мп.
- 2008 Випуск Nikon D90 – першої цифрової дзеркальної камери з можливістю запису HDTV.

Історія розвитку фототехніки привела до того, що були розроблені певні стандарти та на їх основі зручні інтерфейси для взаємодії між фотографом і технікою, яку він використовує. В результаті цифрові фотоапарати в більшості своїх зовнішніх рис і органах управління повторюють найбільш досконалі моделі плівкової техніки. Принципова відмінність виявляється в «начинці» апарату, в технологіях фіксації і подальшій обробки зображення.

1.9 MILC (цифрові бездзеркальні фотокамери)

Ідея прибрати з апарату зі змінною оптикою дзеркало, пентапризму і оптичний видошукач стала актуальною в епоху цифрових технологій. До цього моменту довгий час випускали компактні камери, в яких візування і наводка на різкість здійснювалися за допомогою електронного видошукача (маленький, забезпечений окуляром, або великий ЖК–дисплей, розташований на задній панелі).

Так народилася на світ технологія Live View. Коли користувач DSLR замість оптичного видошукача задіює для візування ЖК–екран, дзеркало піднімається, і світлочутлива матриця застосовується для зчитування інформації в режимі реального часу. При цьому пропадає можливість швидкого фокусування фазовим методом (так як зображення на датчик автофокусу в зеркалці потрапляє відображенням від опущеного дзеркала), а сама матриця повинна бути особливої конструкції, щоб допустити такий режим роботи.

Бездзеркальний фотоапарат – цифровий фотоапарат без оптичного видошукача, замість якого використовується високоякісний електронний візир. Від псевдодзеркальних фотоапаратів бездзеркальні відрізняються можливістю заміни об'єктива і повноцінною системністю, яка нічим не поступається цифровим дзеркальним фотоапаратам.

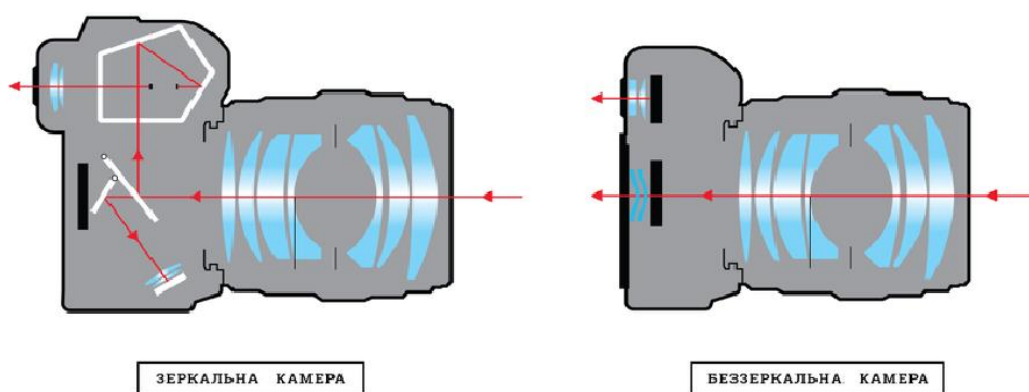


Рисунок 1.13 – Схематичне порівняння DSLR та MILC фотокамер

Слово «бездзеркальна» вказує на відсутність оптичного тракту з дзеркалом, при тому що за функціональними можливостями камери цього типу повністю

відповідають дзеркальним (рис.1.13). Безпаралаксний електронний видошукач дозволяє точно кадрувати і фокусувати зображення при будь-яких фокусних відстанях об'єктивів, а також при зйомці через оптичні прилади: мікроскоп, телескоп, ендоскоп та інші.

Перший в світі бездзеркальний фотоапарат «Panasonic Lumix DMC-G1» надійшов у продаж в жовтні 2008 року. Поява класу бездзеркальних фотоапаратів стала можливою завдяки вдосконаленню електронних компонентів, які замінюють дорогі оптичні і механічні елементи конструкції. Використання електронного візира замість оптичного тракту з дзеркалом і пентапризмою, дозволяє істотно зменшити габарити і вагу фотоапарата без втрати функціональності, характерною для дзеркальної апаратури. На відміну від схожих за розмірами компактних фотоапаратів з мініатюрними сенсорами, в бездзеркальних камерах використовуються великі матриці форматів Мікро 4:3, APS-C, повнокадрові або навіть середньо форматні, що дозволяють отримувати зображення відмінної якості при високих значеннях світлочутливості.

Однак, головний вииграш, одержуваний в бездзеркальній конструкції, полягає у відсутності рухомого дзеркала і його приводів, які є основним джерелом вібрацій і шуму. Принцип електронного видошукача дає можливість навіть повністю відмовитися від будь-яких механічних рухомих частин, що дозволяє різко збільшити надійність фотоапарата, і зробити його абсолютно безшумним. Новітні бездзеркальні камери оснащуються режимом зйомки, при якому витримка відпрацьовується не затвором, а часом зчитування матриці. У деяких ситуаціях (наприклад, на музичному концерті або в театрі) така безшумна фотоапаратура незамінна.

Непотрібність оптичного візира дозволяє реалізувати в бездзеркальних фотоапаратах прогресивний принцип стабілізації зображення переміщенням матриці. При традиційній оптичній стабілізації зміщенням лінз об'єктива, в дзеркальному видошукачі видно стійке зображення, тоді як результат стабілізації зрушенням фотодатчика ніяк в ньому не відбивається, ускладнюючи оцінку кадру. Тому в дзеркальних фотоапаратах стабілізована матриця практично не

використовується. У бездзеркальних камерах цей спосіб реалізується без будь-яких незручностей, оскільки на ЖК-видошукач виводиться скориговане стійке зображення. Тому більшість бездзеркальних камер верхнього цінового сегмента оснащені ефективною п'ятивісевою стабілізацією, працездатною з будь-якими об'єктивами.

Відсутність дзеркала також знімає головне обмеження по частоті серійної зйомки, що не перевищує у кращих «дзеркалок» величину 14 кадрів в секунду («Canon EOS-1D X Mark II»). У той же час бездзеркальна апаратура без подорожчання конструкції забезпечує більш високі швидкості. Наприклад, уже в 2011 році камера «Nikon 1 J1» без затвору отримала швидкодію до 60 кадрів в секунду. У середовищі фотолюбителів гордістю бездзеркальної апаратури вважається короткий робочий відрізок, що отримується за рахунок відсутності громіздкого дзеркального блоку. Це дає можливість приєднання через найпростіші перехідники-адаптери, без будь-яких додаткових лінз, будь-яку змінну оптику, в тому числі недорогих об'єктивів застарілих типів. Для всіх бездзеркальних фотосистем заново розроблені нові байонети з укороченим робочим відрізком – NX, E, Мікро 4: 3, Nikon Z, Pentax Q, Fujifilm X, Canon RF.

Висновки до розділу

У розділі проведений аналітичний огляд розвитку фотоапарату, як невід'ємного пристрою для реєстрації зображення. Аналіз історії фотографії показав, що сучасні камери суттєво відрізняються від тих, що були в минулому. Цифрові інновації, та розвиток технологій дозволяють продовжити вдосконалювати сучасні фотокамери.

Виявлено, що за час зміни фотокамери, та носіїв фотографічної інформації основною проблемою була світлочутливість та час витримки. З розвитком технологій час експозиції невпинно зменшувався, а світлочутливість збільшувалася разом з популяризацією фотомистецтва. Завдяки відсутності механічних елементів, таких як дзеркало, та вимкнення фізичного затвору камери,

в бездзеркальних камерах можливо досягти мінімального значення витримки $1/32000$ с.

Поява бездзеркальних моделей фотокамер зі змінною оптикою, які дозволяють отримувати знімки по якості, що вище чи дорівнює якості дзеркальних камер, стало можливим завдяки вдосконаленим технологіям: виробництва малошумних і "швидких" матриць, якісних електронних видошукачів і LCD-екранів. Наразі швидкодія бездзеркальних камер обмежується тільки швидкістю зчитування інформації з матриці.

2 БУДОВА, ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ БЕЗДЗЕРКАЛЬНОГО ФОТОАПАРАТУ В ПОРІВНЯННІ З DSLR

Незалежно від мети, для якої призначені фотоапарати, вони мають однакову принципову схему (рис. 2.1)

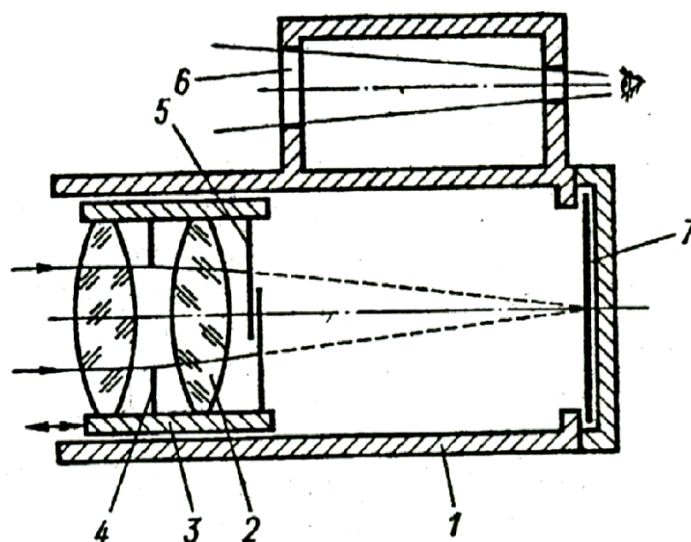


Рисунок 2.1 – Принципова схема фотоапарату:

1 – світлонепроникний корпус; 2 – об'єктив; 3 – фокусуючий корпус об'єктива; 4 – діафрагма об'єктива; 5 – затвор; 6 – видошукач; 7 – фотоматеріал

Основні функціональні компоненти фотоапарату: корпус, що виготовляють зі світлонепроникних матеріалів (метал, пластик, титан, сплави металів); об'єктив, що складається з корпусу, рухомої частини для фокусування та лінз (не менш трьох) зі скла чи пластику, які об'єднуються в групи по кілька елементів в кожній [5].

В даному розділі буде виконано огляд основних відмінностей дзеркальних і бездзеркальних фотокамер.

2.1. Будова цифрового дзеркального фотоапарата

На рис. 2.2 схематично представлено розріз цифрового дзеркального

фотоапарату в двох режимах роботи: попередній огляд кадру (рис.2.2 (а)) та момент створення зображення (рис.2.2 (б)).

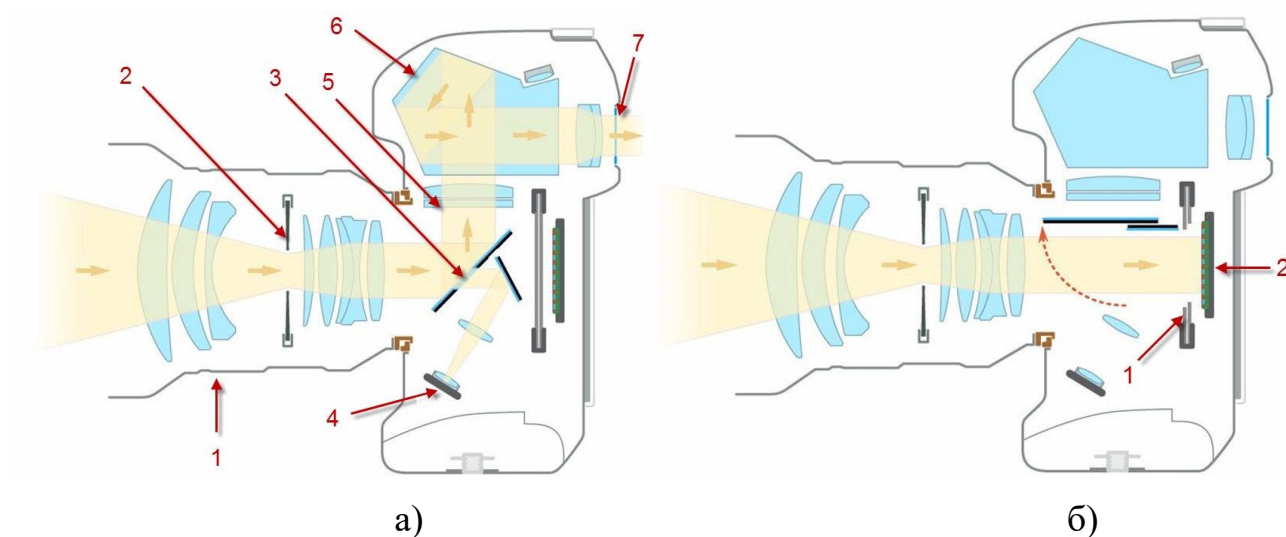


Рисунок 2.2 – Схематичне представлення DSLR камери, де: а)

1 – об'єктив, 2 – діафрагма, 3 – напівпрозоре дзеркало, 4 – система автоматичного фокусування, 5 – фокусуючий екран, 6 – пентапризма, 7 – видошукач; б) 1 – затвор, 2 – матриця

Для створення зображення за допомогою DSLR камери світловий потік спочатку потрапляє в об'єктив, який являє собою набір лінз та діафрагму (рис.2.3), які пропускають світло і формують зображення. Діафрагма – це механізм, призначений для регулювання світлового потоку, що потрапляє на матрицю цифрового фотоапарату [6].



Рисунок 2.3 – Діафрагма фотоапарату

Далі сформоване в об'єктиві зображення потрапляє на напівпрозоре дзеркало, що встановлене перед матрицею камери, де світловий потік відбиваючись потрапляє на фокусуючий екран і завдяки пентапризмі, котра перевертає зображення, потрапляє до видошукача, де фотограф має змогу оцінити отримане зображення.

Пройшовши через напівпрозоре дзеркало світловий потік падає на систему автоматичного фокусування (рис.2.4), яка являє собою кілька фазових датчиків, що визначають, знаходиться зображення в фокусі чи ні та видають завдання на переміщення лінз так, щоб потрібний об'єкт потрапив в фокус.



Рисунок 2.4 – Nikon Advanced Multi–CAM 3500FX модуль автофокусування (51 датчик)

Після налаштування всіх параметрів, кадрування та фокусування фотограф натискає кнопку спуску. При цьому дзеркало піднімається і відкривається затвор (рис.2.2(б)) та потік світла потрапляє на елемент фотоапарата, що відповідає за отримання та створення зображення – матрицю.

В DSLR камерах використовують механічний затвор, що визначає час, протягом якого світло буде надходити на матрицю. Цей час називається витримкою (або час експонування матриці).

Основні характеристики затвора: лаг затвора і його швидкість. Лаг затвора визначає, як швидко відкривються шторки затвора після натискання кнопки спуску – чим менше лаг, тим більша ймовірність, що потрібний об'єкт вийде в фокусі, не

буде змазаним і відкадрований так, як це зробив фотограф за допомогою видошукача. Швидкість затвору визначає мінімальний час, протягом якого буде відкритий затвор – тобто мінімальну витримку.

Витримка це ще одна важлива характеристика фотоапарату. Коли дзеркало підняте, світло не надходить ні на систему фокусування, ні на пентапризму через екран фокусування, а потрапляє прямо на матрицю через відкритий затвор. Під час створення кадру дзеркальним фотоапаратом в видошукачі видно чорну пляму, а не зображення. Цей час визначається витримкою. Загалом у у фотографії використовують витримки, тривалістю долі секунди до декількох секунд. На камерах початкового та середнього рівня мінімальна витримка – $1/4000$ с, на професійних (в основному повнокадрових) – $1/8000$ с.

Після закінчення експонування матриці дзеркало повертається у вихідне положення і світло знову надходить у видошукач та на систему автофокусування.

Матриця (рис. 2.5) дзеркальної цифрової фотокамери – це аналогова або цифро-аналогова мікросхема з фотосенсором [7]. Останні являють собою світлочутливі елементи, які перетворюють енергію світла в електричний заряд (пропорційний по величині яскравості освітлення).

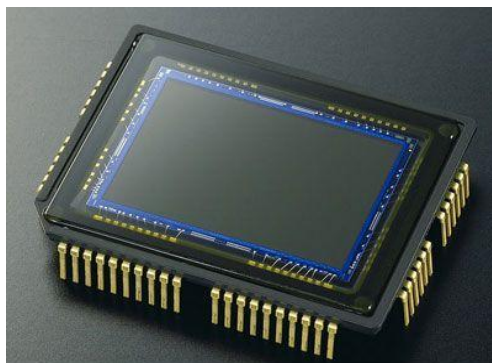


Рисунок 2.5 – Матриця цифрового фотоапарату

Основними характеристиками матриць є:

- роздільна здатність;
- розмір;

- світлочутливість (ISO);
- співвідношення між сигналом і шумом (скупченням хаотично розташованих точок різних кольорів, поява яких пов'язана з недоліком освітленості об'єктів).

2.2. Будова цифрового бездзеркального фотоапарата

Цифрові бездзеркальні фотокамери мають у своїй будові майже всі структурні компоненти як і дзеркальні камери. На рис. 2.6 схематично представлено розріз цифрового бездзеркального фотоапарату.

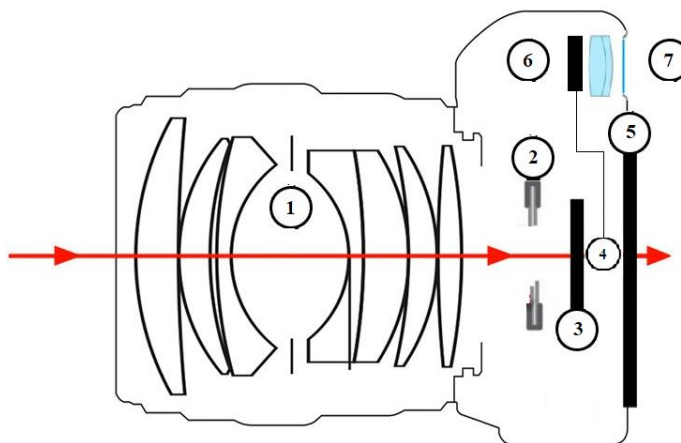


Рисунок 2.6 – Схематичне представлення розрізу бездзеркального цифрового фотоапарату: 1 – діафрагма, 2 – затвор, 3 – матриця, 4 – процесор, 5 – екран (Live View), 6 – електронний видошукач, 7 – лінзи видошукача.

Головна відмінність таких камер від розглянутих у попередньому пункті – це відсутність дзеркала. Завдяки цьому конструкція бездзеркального фотоапарату спрощується, а фізичні розмірності такі, як вага та габарити стають меншими.

Для створення зображення за допомогою бездзеркальної камери світловий потік в першу чергу потрапляє в об'єктив (рис.2.6), який являє собою набір лінз між якими розташована діафрагма, за допомогою якої регулюється кількість світла яка проходить далі, а також глибину чітко зображуваного простору (ГЧЗП).

Далі світловий потік проходить повз постійно відкритий затвор і потрапляє на матрицю, за допомогою якої формується зображення і через процесор направляється на два електронні екрани (електронний видошукач та екран Live View) на яких фотограф може відразу побачити, та оцінити зображення, яке він отримає після натиснення на кнопку спуску.

Після натиснення на кнопку спуску спрацьовує два варіанти роботи камери, за допомогою електронного затвору або механічного. Режим роботи вибрати може фотограф, але з певними обмеженнями:

- 1) Якщо витримка необхідна фотографу знаходиться в межах $1 - 1/8000$ секунд, то можна вручну вибрати який тип затвору буде використаний;
- 2) Якщо витримка менше $1/8000$ секунди, то спрацьовує лише електронний затвор, оскільки механічний фізично не може спрацювати за такий короткий проміжок часу.

Як можна помітити зі схеми зображеної на рисунку 2.6 в бездзеркальних фотоапаратах відсутній блок автофокусування, оскільки автоматичне фокусування відбувається завдяки контрастному автофокусу, який реалізований за допомогою програмного зчитування зображення безпосередньо з матриці.

Суть роботи контрастного автофокусу досить проста: система зчитує картинку з матриці, аналізуючи ступінь контрастності точки фокусу, далі приймає рішення про коригування фокусу об'єктива, для пошуку оптимального значення. Процес повторюється до тих пір, поки система не знайде оптимальне значення контрастності.

В останніх моделях бездзеркальних камер використовується гібридний метод автофокусування, який поєднує контрастний та фазовий. В такому випадку фазові датчики розташовані безпосередньо на матриці між пікселями.

Також в бездзеркальних фотокамерах наявний стабілізатор матриці, що дозволяє отримувати не змазані знімки при більших витримках фотографуючи з рук, а не за допомогою штатива.

2.3. Порівняння функціональних можливостей цифрового дзеркального та бездзеркального фотоапаратів

В цифрову еру, важливим є не тільки якість техніки, але і її поліфункціональність. Виробники цифрових дзеркальних фотоапаратів додають до своїх пристроїв певні можливості, щоб задовільнити потреби професіоналів.

Тим часом розвиток бездзеркальних фотоапаратів також є не завершеним і виробники таких пристроїв продовжують покращувати певні функціональні складові камер. Виконаємо порівняння схожих функціональних складових двох типів камер та визначимо які з них мають кращі перспективи для подальшого використання та для задоволення певних потреб користувачів.

2.3.1 Матриця та стабілізація зображення

Найважливішим елементом обох досліджуваних типів цифрових камер є матриця фотоапарату, що як вже зазначалось вище являє собою спеціалізовану аналогову або цифро-аналогову інтегральну мікросхему, що складається з світлочутливих елементів – фотодіодів[8]. Призначена для перетворення спроектованого на неї оптичного зображення в аналоговий електричний сигнал або в потік цифрових даних (при наявності АЦП безпосередньо в складі матриці).

Виробники пропонують професійну фототехніку з різними фізичними розмірами матриці. Як правило, розміри фотосенсорів виробники вказують не в мм, а ввівши спеціальне позначення типу матриці у вигляді дробових частин дюйма, наприклад: 1/4", 1/3", 1/2.5", 1/2" та ін. Чим більше розмір, тим менше шуму буде на фотографії і більше світла реєструється, а значить, більше відтінків буде зафіксовано. Для позначення великих (більше, ніж 4/3") матриць зазвичай використовується так званий кроп-фактор (K_f). Це відношення діагоналі плівкового кадру 24x36 мм до діагоналі даної матриці. Матриці, у яких $K_f > 1$ часто називаються «кропнутими» (у «повнокадрових» матриць $K_f = 1$).

В залежності від технології, що використовують для отримання зображення

виділяють два види матриць. Перша група – це ПЗЗ матриці (англ. CCD – Charge–Coupled Device, прилад із зарядовим зв’язком), друга – КМОН матриці (англ. КМОН – Complementary Metal Oxyde Semiconductor – компліментарний метало-оксидний напівпровідник). Перша група встановлюється саме в фотоапаратах, а друга характерна і для конструкцій телескопів і мікроскопів. ПЗЗ матриці виготовляються з полікремневих фотодіодів, вони мають невеликі розміри і дозволяють здійснювати досить якісні фотозйомки в умовах звичайного освітлення.

Для виробництва КМОН матриці застосовуються комплементарні металооксидні напівпровідникові матеріали. При високих перевагах знімків за допомогою даного елемента, відзначається і недолік матриці – відносно великі розміри. Якщо у фотообладнанні встановлені саме КМОН матриці, воно буде відрізнятися великою вагою і розміром.

Розрізняються КМОН та ПЗЗ групи також за способом зчитування інформації з ячілок. У матриці CCD фотоапаратів ця інформація зчитується послідовно, а в КМОН матрицях – окремо з кожної ячілки. При типі ПЗЗ можна робити знімки дуже швидко. Особливості КМОН матриці відмінно підходять для дії автофокусу, для проведення експометрії, та для звичайної фотозйомки.

Матриці типу КМОН вимагають меншого об’єму енергії для своєї роботи, та й їх виробництво набагато економніше, а ціна доступніше.

КМОН–матриця, в порівнянні з ПЗЗ-матрицями використовуваними в компактних фотоапаратах, має більший розмір, низьке енергоспоживання, а також менший рівень шуму.

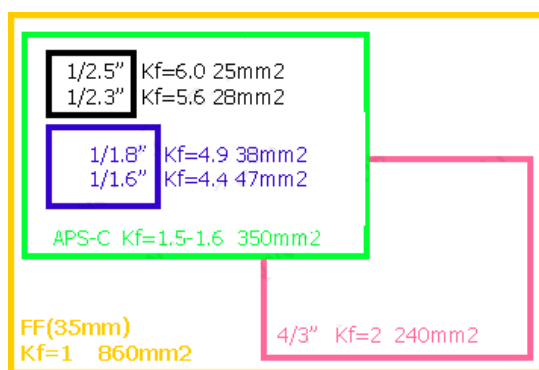
За розміром КМОН-матриці фотоапаратів поділяються на 4 найбільш поширених класи:

- 1 повнокадрова (англ. Full-frame),
- 2 формату APS-H,
- 3 формату APS-C,
- 4 формату Four Thirds

На рис. 2.7 (а) наведені справжні пропорції між розмірами найбільш

поширених матриць.

Чорним кольором показані матриці, типові для більшості недзеркальних камер, як компактних, так і так званих "ультразумів". Синім кольором – матриці нечисленних "просунутих" мильниць, яких стає все менше і менше. Зеленим – матриця бюджетних дзеркальних фотокамер. Червоним – матриця системи 4/3, яку популяризують фірми Olympus та Panasonic. І жовтим – розмір кадру плівкового фотоапарату ("FullFrame") – цифрові дзеркальні камери цього формату використовують професійні фотографи. На рис. 2.7(б) зазначені фізичні розміри матриць з вказанням назвами фірм, що використовують даний формат, також наведені значення кроп-фактору.



а)

Sensor Name	Medium Format	Full Frame	APS-H	APS-C	4/3	1"	1/1.63"	1/2.3"	1/3.2"
Sensor Size	53.7 x 40.2mm	36 x 23.9mm	27.9x18.6mm	23.6x15.8mm	17.3x13mm	13.2x8.8mm	8.38x5.59mm	6.16x4.62mm	4.54x3.42mm
Sensor Area	21.59 cm²	8.6 cm²	5.19 cm²	3.73 cm²	2.25 cm²	1.16 cm²	0.47 cm²	0.28 cm²	0.15 cm²
Crop Factor	0.64	1.0	1.29	1.52	2.0	2.7	4.3	5.62	7.61
Image									
Example									

б)

Рисунок 2.7 – Порівняльний розмір матриць цифрових фотокамер

Зрозуміло, що велика матриця має більші пікселі, ніж маленька, якщо

кількість пікселів залишилася незмінною.



Рисунок 2.8 – Матриця компактного цифрового фотоапарату з матрицею 7,2x5,3 мм (позначення 1/1.8 ")

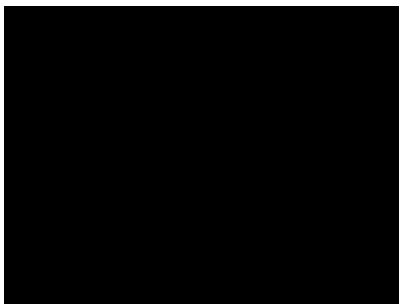


Рисунок 2.9 – Матриця вищого рівня камери 23,7x15,6 мм (позначення «APS-C»).

При однаковій кількості пікселів (рис. 2.8 і рис. 2.9, у обох матриць 48 квадратиків-пікселів), площа кожного пікселя у великій матриці більше, і відповідно, світлочутливість і передача кольору у камери професійного рівня краще.

Одна з найважливіших характеристик, що залежать від розміру матриці – її шум. Так, цифровий фотоапарат з матрицею APS-C (22x15 мм, $K_f = 1,6$) дозволяє встановлювати ISO в вісім разів більше, ніж апарат з матрицею 1/2.7" (5,4x4,0 мм, $K_f = 6,4$) при збереженні приблизно однакового рівня шумів [9]. Шум на зображеннях також залежить від налаштувань підвищення різкості (внутрішньо камерного шарперінга) і шумоподавлювача, тому матриці одного типорозміру на різних камерах найчастіше шумлять по-різному.

Розмір матриці впливає і на ГЧЗП – чим більша матриця, тим менше глибина чіткості при рівному куті зору і однаковій кількості пікселів. Крім того, у великих матриць ширше динамічний діапазон, природніше і натуральніше передаються відтінки кольорів.

До мінусів великої матриці можна віднести, збільшені розміри оптики, і зростання цін, а також чим більша кількість пікселів в матриці і чим нижче швидкість передачі даних з цієї матриці, тим сильніше виражений ефект шторкового затвору.

Матриці бездзеркальних та дзеркальних фотокамер нічим не відрізняються (набір фотодіодів) крім того, що в MILC стали вбудовувати між фотосенсорами фазові датчики автофокусування (рис. 2.10), що дає змогу відслідковувати об'єкт зйомки в режимі реального часу.

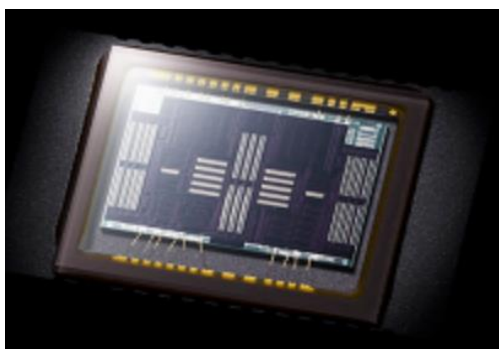


Рисунок 2.10 – Матриця бездзеркального фотоапарату Sony α9 з вбудованими фазовими детекторами

Стабілізація зображення має декілька видів :

- Цифрова (електронна);
- Оптична;
- Матрична.

Цифрова (електронна) стабілізація – це найпростіший вид стабілізації, що не вимагає ніяких окремих модулів і механічних деталей, лише програмні алгоритми. При включенні цифрової стабілізації частина матриці виділяється для її роботи, а зображення обрізається. Під час зйомки картинка переміщається по матриці, гасячи тим самим коливання. Чим «агресивніше» працює така стабілізація, тим сильніше обрізається і зображення втрачаючи при цьому якість та деталізацію. Цей тип стабілізації частіше можна зустріти в бюджетній техніці – смартфонах, деяких екшн-камерах, аматорських відеокамерах, компактних фотоапаратах. У системних

фотокамерах він присутній, лише в якості додаткової можливості для відеозйомки.

Функція оптичної стабілізації в об'єктиві зустрічається не в самій камері, а в її об'єктиві. Цей же тип стабілізації є найстарішим – його почали використовувати ще в кінці минулого століття. Першою такою технологією представила в 1995 році компанія Canon, назвавши її Image Stabilization (IS). Сьогодні майже всі виробники фотооб'єктивів пропонують свою власну технологію оптичної стабілізації. Але оскільки назва Image Stabilization залишилося за Canon, інші компанії назвали свої розробки інакше. Нижче наведено список назв технології оптичної стабілізації в об'єктивах різних виробників.

- Canon — IS (Image Stabilization)
- Nikon — VR (Vibration Reduction)
- Sony — OSS (Optical SteadyShot)
- Panasonic — MEGA O.I.S.
- Fujifilm – OIS (Optical Image Stabilizer)
- Sigma — OS (Optical Stabilization)
- Tamron — VC (Vibration Compensation)
- Tokina – VCM (Vibration Compensation Module)

Модуль оптичної стабілізації (особливий модуль з рухомим оптичним елементом (рис.2.11) в об'єктивах працює так, що у процесі фотозйомки модуль визначає коливання фотоапарата і, щоб їх компенсувати, відповідно рухає оптичний елемент в протилежну сторону. В результаті зображення залишається різким та статичним.

Позитивними сторонами даного методу являється універсальність, оскільки об'єктив зі стабілізатором можна встановити, як на дзеркальну так і бездзеркальну камери.

Матрична стабілізація полягає в тому, що матриця фотоапарата розміщуються на спеціальному рухомому механізмі, який слідом за коливаннями камери рухає сам сенсор (рис. 2.12).



Рисунок 2.11 – Модуль оптичної стабілізації одного з об'єтивів Tamron

Даний вид стабілізації дозволяє компенсувати тремтіння камери в усіх можливих напрямках. Залежно від виробника і моделі фотоапарата, ефективність матричної стабілізації може досягати п'яти ступенів експозиції проти 3 ступенів при оптичній стабілізації об'єктива. В недзеркальних камерах за допомогою даного типу стабілізації можна реалізувати збільшення розширення кадру за допомогою зсуву матриці.

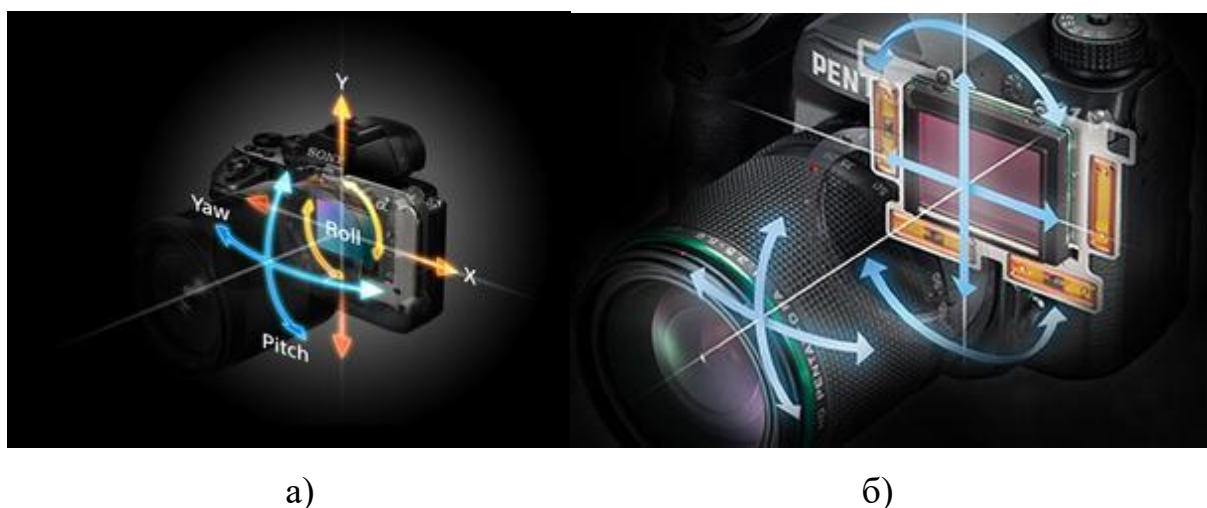


Рисунок 2.12 – Системи матричної стабілізації в апаратах Sony (а) та Pentax (б).

Наприклад в бездзеркальній камері Olympus OM-D E-M5 Mark II з матрицею типу Micro 4/3 та роздільною здатністю 16 мегапікселів реалізована система для створення кадрів роздільною здатністю 40 мегапікселів, це досягається таким чином: камера робить серію з 8 знімків, кожен раз зрушуючи матрицю пристрою в

різні боки на відстань приблизно в 1 піксель, а потім формує кінцеву картинку шляхом накладення всіх кадрів.

В дзеркальних фотокамерах дана стабілізація зазвичай не використовується, адже за допомогою видошукача не можна побачити стабілізоване зображення, що заважає кадруванню, а в режимі Live View стають недоступними інші необхідні функції (автофокусування, автоекспозиція).

Матрична та оптична стабілізація можуть працювати в парі з сучасними бездзеркальними фотоапаратами, що дозволяє робити фото в складних умовах, та слідкувати за об'єктами, що швидко рухаються або малорухомими (слідкування за зірками при довгій витримці).

2.3.2 Зйомка відео

Зйомка відео дзеркальними (DSLR) – камерами стала доступною порівняно недавно. Вперше така функція з'явилася в камері Nikon D90, що вийшла в серпні 2008 року, а через місяць з'явилася Canon EOS 5D Mark II, яка вже вміла знімати FullHD-відео (1920x1080). Незважаючи на те, що Canon 5D Mark II була практично першопроходцем, саме ця модель стала найпопулярнішою дзеркальною камерою, що використовується в професійній відеозйомці.

Список різних роликів, кліпів, фільмів, де для зйомки використовували дзеркальну фотокамеру дуже широкий. Деякі сцени з успіхом знімають на DSLR-камери і в кінофільмах. Можна відзначити картини «Перший месник» (Captain America: The First Avenger), «Залізна людина – 2», «Чорний лебідь», «В пошуках Сонні» (фільм повністю знятий на Canon EOS 5D Mark II).

Навіть якщо матриці у дзеркальних та бездзеркальних фотокамер однакового розміру, остання буде легше і компактніше. Відсутність зайвих деталей і дзеркального блоку позначається на розмірах і надійності. Професійний набір бездзеркальної камери з об'єктивами займе менше місця, ніж набір дзеркальної.

На прикладі представників двох типів фотокамер порівняємо можливості відеозйомки. В порівнянні приймуть участь дзеркальна фотокамера Canon EOS 5D

Mark IV [10] та бездзеркальна камера Sony ILCE-9[11]. Дані моделі характеризуються як одні з найкращих серед своїх типів. В табл. 2.1 та табл. 2.2 наведено основні характеристики запису відео в камерах, що порівнюються.

Таблиця 2.1 – характеристики відео дзеркального фотоапарату Canon EOS 5D Mark IV[10]

Контейнер	Кодек	Размір кадру	Частота кадрів	Макс. бітрейт, Мбіт/с	Формат звуку
MOV	Motion JPEG	4096×2160	23.98/24/25/29.97	500	PCM 2 канали 1536 Кбит/с
	AVC All Intra	1920×1080	23.98/25/29.97/50/59.94	180/90	
	AVC IPB	1920×1080	23.98/25/29.97/50/59.94	60/30	
	AVC All Intra	1280×720	119.9/100	160	
MP4	AVC IPB	1920×1080	59,94/50	60	AAC 2 канали 256 Кбит/с
	AVC IPB	1920×1080	29.97p/25.00p/24.00p/23.98	30	AAC 2 канали 256 Кбит/с
	AVC IPB	1920×1080	29.97p/25.00	12	AAC 2 канали 256 Кбит/с

Розглянутий фотоапарат може зберігати відео в два контейнер: MOV і MP4. При цьому різними можуть бути і кодеки, все залежить від розміру кадру. Проте, камера не вміє записувати 4K-відео хоча б в AVC, для цього використовується тільки MJPG. При цьому бітрейт виходить значний, що не підходить для тривалої

репортажної або документальної зйомки. Можливо припустити, що короткі постановочні ролики для подальшої обробки – єдине призначення MJPG з розміром кадру 4K (не відеокамерні стандартні розміри 3840×2160, а розмір стандарту кіно DCI 4K, який складає 4096×2160 пікселів з співвідношенням сторін 17:9).

Таблиця 2.2 – характеристики відео дзеркального фотоапарату Sony ILCE–9 [11]

Контейне р	Кодек	Розмір кадру	Частота кадрів	Макс. бітрейт, Мбіт/с	Формат звуку
XAVC S	MPEG–4 AVC/H.26 4	3840×2160	30р, 24р/30р, 24р	100/60	LPCM 2–канали
		1920×1080	120р/120р	100/60	
		1920×1080	60р, 30р, 24р	50	
MP4		1920×1080	60р/60і	28/24	Dolby Digital (AC-3) 2–канали, Dolby Digital Stereo Creator
		1920×1080	60і	17	
		1920×1080	24р/24р	24/17	
AVCHD		1920×1080	60р	28	MPEG–4 AAC–LC 2–канали
		1920×1080	30р	16	
		1920×1080	30р	6	

Камера записує відео в двох форматах (контейнерах): MP4 і AVCHD. Кодек при цьому використовується один і той же – H.264, відмінності полягають лише в розмірі кадру (в MP4 є 4K), бітрейт, аудіокодеку і наявності в AVCHD додаткового потоку субтитрів PGS з датою і часом зйомки. Режим 3840×2160 25p з бітрейтом 100 Мбіт/с досить примхливий до типу використовуваної флеш-пам'яті.

Також в Sony є попіксельне зчитування без об'єднання пікселів, що дозволяє одержувати повнокадрове відео 4K, стискаючи приблизно в 2,4 рази більше даних, ніж потрібно для формату 4K (і фактично забезпечуючи обсяг інформації, необхідний для 6K). Така передискретизація забезпечує максимально високу роздільну здатність та деталізацію відео 4K (QFHD: 3840×2160).

Ще однією особливістю бездзеркальної камери є зйомка в форматі XAVC S, що використовується для відеозйомки в 4K і HD. Він забезпечує відмінну деталізацію з мінімальним шумом при стисненні завдяки високій швидкості потоку даних (до 100 Мбіт/с при записі в 4K 30p (25p)/24p, до 50 Мбіт/с для Full HD 60p (50p)/30p (25p)/24p). Запис зі швидкістю 100 Мбіт/с підтримується навіть при зйомці в Full HD з максимальною частотою 120 кадрів/с, що дозволяє уповільнювати потрібні ділянки відео на етапі постобробки без втрат в якості зображення.

Отже, за рахунок зменшеної ваги та габаритів, а також враховуючи те, що завдяки бездзеркальній камері можливо отримати якість зображення рівну по якості з кіно, то серед інших рівних з дзеркальною камерою, вибір падає на першу.

2.3.3 Швидкість зйомки фото

Такий параметр як швидкість зйомки фото вибраний через потреби сучасних фотографів, які у своїй професійній діяльності мають фіксувати такі події, які можуть змінюватись миттєво, а також високошвидкісна фіксація зображень може бути застосована у різних наукових дослідках, де потрібно реєструвати швидкоплинні фізичні процеси.

Останні бездзеркальні фотокамери дозволяють проводити високошвидкісну серійну зйомку, а збільшення місця (за відсутності дзеркала) для додаткової електроніки дозволяють збільшувати буфер пам'яті зображень при безперервній зйомці.

Комбінація революційної високошвидкісної повнокадрової КМОН-матриці Exmor RS і не менш швидкісного процесора BIONZ X дозволяє безперервно вести

серійну зйомку до 362 фото з частотою 20 кадрів в секунду. Високошвидкісна матриця позбавляє від затримок виведення зображення на екран електронного видошукача при серійній зйомці.

Матриця розраховує автофокусування і автоекспозицію до 60 разів/с під час побудови кадру, майже не перериваючи обчислень навіть при спуску затвора. Завдяки безперервному автофокусуванню і автоекспозиції камера здатна швидко, точно і надійно відслідковувати навіть об'єкти, що хаотично рухаються, чого неможна досягти з дзеркальною фотокамерою через постійний рух дзеркала.

Компанією Sony впроваджений високошвидкісний безшумний немеханічний затвор з повністю цифровим управлінням. Це інноваційне електронне рішення підтримує швидкість до 1/32000 с, недоступну для механічних систем. Швидкісна шторка попереджає ефект рухомих темних горизонтальних смуг і забезпечує чудову якість зйомки об'єктів, що рухаються (наприклад, на спортивних заходах).

Одна з останніх камер $\alpha 9$ оснащена високощільною фокальною системою автофокусування з 693 точками фазового автофокусу, які покривають близько 93% кадру. Це забезпечує точне, ефективне і стабільне фокусування на будь-яких об'єктах по всій площі зображення, навіть під час зйомки об'єктів, що швидко рухаються в кадрі. Вбудована система стабілізації зображення точно компенсує переміщення камери по 5 осях, що здатне погіршити якість зйомки з рук. Завдяки цьому фото і відео виходять дуже якісними навіть при зйомці вночі, крупним планом або з великою фокусною відстанню. Компенсація тремтіння камери еквівалентна зйомці зі зменшенням витримки на 5,0 кроків, що дозволяє впевнено будувати кадр навіть при зйомці об'єктів, що рухаються.

Висновки до розділу

У розділі проведений порівняльний аналіз будови та функціональних можливостей двох типів цифрових камер (дзеркальних та бездзеркальних) який показав, що в дзеркальному цифровому фотоапараті (без або при вимкненому режимі Live View) під час створення кадру:

- піднімається дзеркало, спрацьовує діафрагма;
- включається раніше виключена матриця;
- відкривається на час експонування механічний затвор;
- закривається механічний затвор;
- опускається дзеркало, відкривається діафрагма;
- відбувається зчитування та обробка кадру з матриці,
а в недзеркальних цифрових апаратах:
 - механічний затвор (при наявності) закривається;
 - відбувається скидання заряду в чарунках матриці;
 - механічний затвор відкривається на час експонування;
 - механічний затвор закривається;
 - відбувається зчитування кадру з матриці;
 - механічний затвор відкривається;
 - матриця переходить в режим Live View.

Зазначено, що завдяки електронному затвору бездзеркальні камери мають змогу робити більше кадрів на секунду (20 і більше), на відміну від дзеркальних фотокамер, що обмежені часом спрацювання механіки дзеркала.

3 ЗАСТОСУВАННЯ БЕЗДЗЕРКАЛЬНИХ ФОТОКАМЕР ДЛЯ ЗЙОМКИ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ШВИДКО РУХАЮТЬСЯ ТА ПРОБЛЕМИ, ЯКІ ВИНΙΚАЮТЬ

В наш час світ так швидко рухається та змінюється, що іноді просто необхідно встигнути захопити певний момент життя, та ще й так, щоб він був чітко відображений та закарбувався в пам'яті.

Саме завдяки фіксації швидкого руху об'єктів, можливо проводити різноманітні наукові дослідження (зйомка експериментальних досліджень швидкоплинних процесів). Також вказаний тип зйомок знаходить широке застосування у сфері медицини, спорту, теле- та кіновиробництва, оборонній галузі, тощо. В цьому допомагають сучасні цифрові дзеркальні та бездзеркальні фотокамери.

Загалом, не важливо, яку фотокамеру використовувати для зйомки об'єктів, що швидко рухаються, але певні особливості бездзеркальних фотокамер дозволяють робити це ефективніше.

Для початку необхідно розглянути методи та прийоми, що використовуються для зйомки об'єктів, які швидко рухаються. Мова буде йти саме про фотозйомку, але потрібно зазначити, що при відеозйомці зазначених вище процесів, методи та прийоми зйомки можуть збігатися.

Зйомка руху – досить складне завдання навіть для досвідчених фотографів. Виникаючи при цьому ефекти можна розглядати або як вади, які потрібно нівелювати, або ж навпаки, як певний художній ефект, якій може підкреслити задум фотографу. Знімаючи рух, фотограф може піти двома протилежними шляхами – або заморозити час, або, навпаки, підкреслити рух, «розмити» його правильно обраною довгою витримкою. Знімаючи спортивні події, як правило, зупиняється виразний момент короткою витримкою. Отже, ефектно використовуючи рух в кадрі, автор може досягти різних цілей.

3.1 Розмиття фону

На рис. 3.1 можна побачити розмиття фону, що дає змогу виділити потрібний об'єкт на фоні розмитого руху. Також даний ефект дає змогу відчувати рух на зображенні (рис. 3.2). Досягнення потрібного розмиття може стати непростим завданням. При заданій витримці характер розмиття визначають три фактора:

- Швидкість. Предмети, які рухаються швидше, будуть виглядати більш розмитими. Це очевидний фактор з усіх тут перелічених, але не менш важливий.
- Напрямок руху. Предмети, які наближаються до камери або віддаляються від неї, зазвичай будуть виглядати менш розмитими, ніж предмети, які рухаються поперечно – навіть якщо швидкість руху однакова.
- Збільшення. Предмет буде виглядати більш розмитими, якщо займає більшу частину кадру. Збільшення предмета є наслідком використовуваної фокусної відстані і відстані до предмета. Чим більше фокусна відстань, тим більше збільшення при заданій відстані, проте тим самим підвищується ймовірність розмиття внаслідок тремтіння камери.



а)

б)

Рисунок 3.1 – Розмиття рухомого фону:

а) знімок з витримкою 1/3 секунди, б) знімок з витримкою 1.3 секунди



Рисунок 3.2 – Розмиття об’єкту для відчуття його руху: а) знімок з витримкою 3 секунди, б) знімок з витримкою 30 секунди

Замість того, щоб розмивати предмет, можна зробити розмиття фону. Для цього необхідно або розмістити камеру на рухомих предметах, або керувати нею так, щоб вона слідувала за предметом, що називається "проводкою".

Дуже часто при такому виді зйомок потрібно розраховувати глибину чіткості. Точний розрахунок необхідний в пейзажній, предметній, макрозйомці. Також розрахунок важливий, для зйомки необхідного об’єкта, що швидко рухається на розмитому фоні, коли на сам процес створення немає достатньо часу підготуватися, чи виставити кадр. Прикладом можуть бути перегони, коли відома траєкторія руху автомобілів, велоспорт та інші спортивні змагання, або навіть при зйомці дикої природи. У цих випадках глибина різкості розраховується як:

$$\frac{R_1}{R_2} = \frac{f}{K} \quad (3.1)$$

де R_1 – передня межа ГЧЗП; R_2 – задня межа ГЧЗП; R – дистанція фокусування; f – абсолютна фокусна відстань об’єктива; K – значення знаменника поточного відносного отвору (діафрагми); z – діаметр кола розсіювання (рис.3.3).

Як відомо [12] межі між чіткими та нечіткими областями кадру не існує. Це знання допоможе зрозуміти, як взагалі утворюється глибина чіткості зображуваного простору. Для цього фотографують на ідеально різкий об’єктив точки мізерно малого діаметра, викладені в ряд (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Розповсюдження різкості в кадрі

Ідеально різкою буде лише та точка, яка виявиться рівно на дистанції фокусування об'єктива. Точки, що знаходяться перед або за дистанцією фокусування, будуть розмитими. На фотографії, що вийшла до певного моменту це розмиття буде не помітним оку спостерігача. Однак потім точки почнуть плавно перетворюватися в маленькі кружки, і спостерігач почне помічати нерізкість в кадрі. Мінімальний діаметр такого нерізкого кола, помітного для ока, був названий "коло розсіювання" (англійською – circle of confusion або скорочено СОС). Всі точки діаметром менше кола розсіювання вважаються на фотографії різкими. Всі точки з великим діаметром вважаються нечіткими.

Глибина різкості – величина суб'єктивна. Але багато що залежить від роздільної здатності фоточутливого елементу (матриці або фотоплівки). Поки коло розсіювання менше розміру пікселя на матриці фотоапарата, всі крапки на фото будуть однаково різкими. Також дуже багато залежить від умови спостереження.

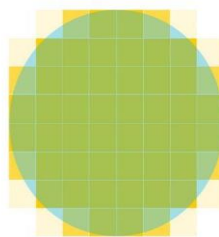


Рисунок 3.4 – Коло розсіювання діаметром 0,03мм в порівнянні з пікселями зображення роздільною здатністю 6000x4000 точок (24МП), отриманого з матриці формату APS-C.

Виходячи з перелічених вище передумов, ще з часів фотоплівки в якості

діаметра кола нерізкості виступає величина в 30 мікрон або 0,03 мм (величина одного кристалу сріблястого бромиду, що використовується в плівковій технології).

Діаметр в 0,03 мм занадто великий для сучасних апаратів. У коло з таким діаметром увійде досить багато пікселів зображення, отриманого з сучасної матриці, а отже, таке коло буде чітко видно на фото.

Отже, використовуючи формулу 3.1 фотограф має можливість розрахувати, яку фокусну відстань вибрати для створення фотографії методом «проводки» і захопити в ГЧЗП об'єкт зйомки.

3.2 Метод «заморозки» часу

Щоб отримати чітку і різку картинку «заморозивши» рух, необхідно поставити на камері якомога коротшу витримку – чим швидше видимий рух, тим коротше повинна бути витримка:

- для ходьби або неквапливого бігу досить 1/125 або 1/250 с;
- футбол, хокей – 1/500, 1/1000 с і коротше;
- бокс, боротьба, сноуборд, гірські лижі, теніс – 1/500 або 1/1000 с і коротше;
- автоспорт, мотоспорт і там, де високі швидкості,
- від 1/1000 с і коротше.

Якщо фотограф знімає довгофокусним об'єктивом, то швидкість переміщення об'єктів в кадрі виявляється відносно низькою, витримки можуть бути приблизно в межах 1/500 секунди (рис.3.5), навіть якщо в реальності швидкість висока. При роботі з короткофокусними об'єктивами і з близької відстані ті ж дії стають блискавичними та потрібно ставити ще коротшу витримку.

При поганій освітленості (яка часто супроводжує спортивні змагання) і коротких витримках, фотографи просто змушені підвищувати чутливість матриці. Зазвичай фотографи-професіонали, що знімають спорт, ставлять чутливість ISO від 800-1600 і вище, залежно від освітленості і від швидкості рухів спортсменів.

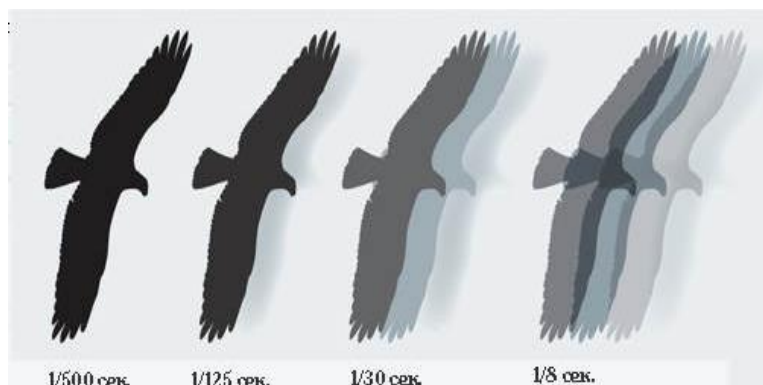


Рисунок 3.5 – Вплив витримок на зображення рухомих об'єктів



Рисунок 3.6 – Фотографія «замороженого» моменту. Параметри зйомки:
ISO 2000, витримка 1/500 с, діафрагма 2,8, об'єктив 80-200 мм

Максимально допустима тривалість витримки при зйомці рухомих об'єктів залежить від наступних факторів:

- 1) швидкості руху об'єкта зйомки;
- 2) відстані між об'єкта зйомки і фотоапаратом;
- 3) фокусної відстані об'єктива, що застосовується;
- 4) кута між напрямком руху об'єкта і оптичною віссю об'єктива.

Тривалість витримки знаходиться в прямій залежності від другого фактора і в зворотній залежності від факторів 1, 3 і 4. Гранично допустима витримка зменшується у стільки разів, у скільки збільшується швидкість руху предмета або фокусна відстань об'єктива. Витримка може бути збільшена в стільки разів, у

скільки збільшується допустима нерізкість матриці або відстань між предметом зйомки і фотоапаратом. Крім того, межа допустимої витримки збільшується (але не пропорційно) у міру зменшення кута між напрямком руху предмета і оптичною віссю об'єктива. На основі цього ряду залежностей побудована таблиця граничних витримок (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 Нормальні швидкості руху різних об'єктів

Рухомий об'єкт	Швидкість, км/год
Автобус	25-45
Автомобіль легковий/грузовой	30-60/25-45
Бігун	18-35
Велосипедист на прогулянці/на гонках	15-25/35-55
Ветер слабкий/середній/сильний/в бурю	11/25/55/90
Вода в річці/в гірському потоці	3,5/22
Діти, що спокійно грають/жваво	3,5/11
Літак цивільної авіації/при посадці	100-300/до 90
Спортивні ігри	18-35
Кінь кроком/риссю/на перегонах	5,5/15/45-55

Таблиця 3.2 Граничні витримки при зйомці об'єктів, які рухаються паралельно фотошару

	Відстань від апарату до об'єкта зйомки (метри)						
Швидкість руху об'єкта км / год	1	1,5	2	3	4	5	7
	1/1250	1/1000	1/650	1/500	1/300	1/250	1/200
5,5	—	1/1250	1/1000	1/700	1/500	1/400	1/250
7	—	—	1/1250	1/1000	1/600	1/500	1/400
11	—	—	—	1/1250	1/1000	1/750	1/500
15	—	—	—	—	1/1250	1/1000	1/700
18	—	—	—	—	—	1/1250	1/900
22	—	—	—	—	—	—	1/1000
25	—	—	—	—	—	—	1/1250
30	—	—	—	—	—	—	—
35	—	—	—	—	—	—	—
45	—	—	—	—	—	—	—
55	—	—	—	—	—	—	—
70	—	—	—	—	—	—	—
90	—	—	—	—	—	—	—
110	—	—	—	—	—	—	—
150	—	—	—	—	—	—	—
180	—	—	—	—	—	—	—
270	—	—	—	—	—	—	—
350	—	—	—	—	—	—	—
550	—	—	—	—	—	—	—

продовження таблиці 3.2

Відстань від апарату до об'єкта зйомки (метри)								
10	15	20	30	50	75	100	250	500
1/125	1/100	1/70	1/50	1/25	1/20	1/10	1/5	1/3
1/200	1/125	1/100	1/70	1/40	1/25	1/20	1/8	1/4
1/250	1/200	1/125	1/100	1/50	1/40	1/25	1/10	1/5
1/400	1/250	1/200	1/125	1/75	1/50	1/40	1/15	1/8
1/500	1/350	1/250	1/150	1/100	1/75	1/50	1/20	1/10
1/700	1/450	1/350	1/200	1/125	1/100	1/75	1/25	1/12
1/800	1/500	1/400	1/250	1/150	1/100	1/75	1/30	1/15
1/900	1/600	1/450	1/300	1/200	1/125	1/100	1/40	1/20
1/1000	1/700	1/500	1/350	1/200	1/150	1/100	1/40	1/20
1/1250	1/800	1/650	1/400	1/250	1/200	1/125	1/50	1/25
—	1/1000	1/800	1/500	1/300	1/200	1/150	1/60	1/30
—	1/1250	1/1000	1/700	1/400	1/250	1/200	1/80	1/40
—	—	1/1250	1/900	1/500	1/350	1/250	1/100	1/50
—	—	—	1/1000	1/700	1/450	1/350	1/125	1/70
—	—	—	1/1250	1/800	1/500	1/400	1/150	1/80
—	—	—	—	1/1000	1/700	1/500	1/200	1/100
—	—	—	—	1/1250	1/900	1/700	1/250	1/125
—	—	—	—	—	1/1250	1/1000	1/400	1/200
—	—	—	—	—	—	1/1250	1/500	1/250
—	—	—	—	—	—	—	1/750	1/400

При користуванні таблицями 3.1 та 3.2, потрібно враховувати наступне:

1. Таблиці розраховані для об'єктів з нормальною фокусною відстанню:

13,5 см для апарату 9x12 см; 11 см для апарату 6x9 см; 7,5 см для апарату 6x6 см; 5 см для малоформатного апарату. Користування однією таблицею для різних форматів в даному випадку практично можливо тому, що в результаті математичних перетворень різниця у вихідних даних (різні фокусні відстані і різна допустима ступінь нерізкості) майже компенсується і для спрощення може бути відкинута.

2. Знімки, зроблені відповідно до таблиці 3.2, дадуть абсолютно чітке зображення об'єкта, що рухається, як би застиглого в тій позі, в якій його застало мить спуску затвора (результат такої зйомки називають "заморожуванням"). Однак в ряді випадків легка нерізкість контурів об'єктів, що рухаються не тільки не шкодить загальному враженню, але навіть надає знімку динамічність, викликаючи у глядача відчуття руху: адже і в житті ми не завжди встигаємо цілком чітко розгледіти фігуру спортсмена, що швидко промайнула повз нас. Тому, коли абсолютна різкість не обов'язкова, можна збільшувати вдвічі межі допустимої нерізкості і, отже, подовжувати вдвічі граничні витримки, зазначені в таблиці 3.2. Цей допуск значно розширює можливості спортивного фотографа.

Тобто, для того, щоб зробити різкий та чіткий кадр певного об'єкта, що швидко рухається, необхідно зменшувати витримку фотокамери. В цьому можуть допомогти бездзеркальні системні фотоапарати, в останніх моделях яких реалізовано мінімальну витримку на рівні 1/32000 секунди, а в купі з високими значеннями ISO, яке не псує картинку цифровими шумами навіть на таких рівнях як 3200 – 6400 ISO. Також необхідним, при такій зйомці, виявляється можливість робити серійну зйомку, з неперервним автофокусуванням

3.3 Ефект Rolling Shutter

При зйомці об'єктів, що швидко рухаються, фотокамерами з невисокою швидкістю зчитування рядків кадру, часто виникає ефект змазування об'єкту у кадрі. Такий ефект називають Rolling Shutter (шторковий затвор). Поява ефекту Rolling Shutter збігається з моментом, коли в фото-, відеотехніці стали

застосовуватися матриці КМОН (КМОН-сенсор). На відміну від матриць ССД (ПЗЗ-сенсор), КМОН зазвичай фіксує зображення через рядок, зверху-вниз. Таким чином, при русі в кадрі матриця не встигає зафіксувати інформацію з усього кадру, і на обробку подається лише інформація з кількох рядків. Тим часом об'єкт в кадрі вже змінив своє положення, відповідно, змінилося і його положення на матриці. Таке нескінченне запізнювання матриці за рухом в кадрі призводить до появи Rolling Shutter.

В протиположності цьому глобальний затвор зчитує інформацію з усіх пікселів матриці одночасно. В початковий момент часу світло не потрапляє на датчик, в наступний – потрапляє одночасно на всю матрицю датчиків на короткий проміжок часу (наприклад, $1/10$ с), після чого знову блокується. Весь датчик фіксує один момент часу.

3.3.1 Причини виникнення ефекту Rolling Shutter

При виникненні Rolling Shutter уявна щілина проходить через датчик, зверху вниз, освітлюючи кожен частину датчика нехай протягом того ж проміжку часу ($1/10$ с). Але, оскільки щілина поступово опускається, верхня та нижня частина датчика фіксують різні моменти часу.

Рис. 3.7 демонструє роботу електронного затвору: під час натиснення на кнопку спуску затвору з матриці фотоапарату (в даному випадку матриця КМОН 10×10) в момент часу t_1 починається зчитування інформації, але оскільки інформація зчитується построково, то при зйомці об'єктів, що швидко рухаються або під час зйомки з просто рухомих об'єктів, об'єкт зйомки встигає зміститись і матриця захопить його спотворене відображення.

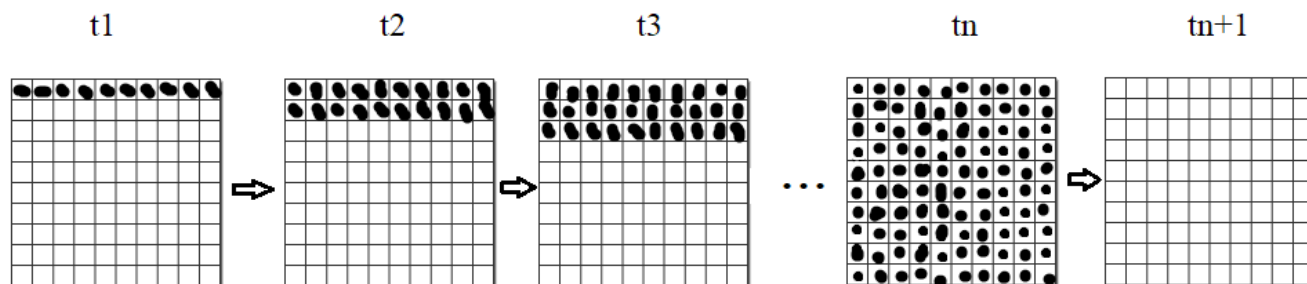


Рисунок 3.7 – Демонстрація роботи електронного шторного затвору

У більшості камер затвор зчитує інформацію з верхнього до нижнього рядка (рис.3.8) приблизно за $t_n = 1/30$ секунди, і протягом цього часу будь-який повільний рух ледь помітний. Але, якщо наприклад знімати такі швидкі об'єкти, як гвинт літака, гелекоптера або швидкісні автомобілі, то цей ефект дуже помітний.

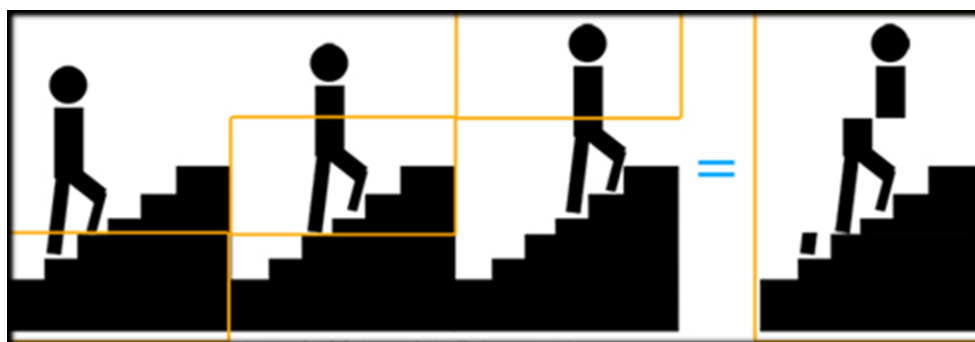


Рисунок 3.9 – Схематичне відображення вихідної картинки рухомого об'єкту знятого шторковим затвором

Швидкість зняття інформації в різних сенсорах може відрізнятися. Більш того – різні КМОН-матриці мають різну кількість пікселів, і, відповідно, рядків, з яких потрібно зняти інформацію. Отже, чим більшою кількістю пікселів володіє матриця, тим повільніше відбувається зняття з неї інформації.

3.3.2 Види дефектів зображення, через прояв ефекту Rolling Shutter

Ефект Rolling Shutter проявляється наступним чином:

1. Нахил вертикалей (рис.3.10). Даний дефект підрозділяється на два типи:

- нахил окремих об'єктів, коли камера нерухома, а об'єкт зйомки переміщається по горизонталі
- нахил на інших ділянках зображення, коли сама камера рухається по горизонталі



Рисунок 3.10 – Проявлення дефекту зображення Rolling Shutter при зйомці статичних об'єктів з рухомої платформи

2. Желе (рис.3.11). Візуально проявляється у вигляді нестабільної картинки, так, немов перед камерою коливається абсолютно прозора желеподібна маса, хаотично спотворюючи весь кадр. Цей дефект виникає при нерегульованих переміщеннях камери в усі сторони, або, інакше кажучи, коли при зйомці оператор не в змозі зафіксувати камеру. Ступінь желейності залежить як від швидкодії матриці, так і від швидкості коливань. У випадках коли матриця маленька (як в телефонах чи «мільницях») і має занадто велику кількість пікселів, желе може проявлятися навіть при статичній зйомці з рук. Це пояснюється тим, що дрібне тремтіння, що йде від руки, перетворюється вбудованим стабілізатором в більш плавне переміщення, якого виявляється досить для появи Rolling Shutter.



Рисунок 3.11 – «Желейність» пропелерів літака

3. Горизонтальні засвічені смуги в кадрі (рис. 3.12). Виникають при спрацьовуванні фотоспалаха (блискавки та ін.). Це неминучий дефект, який виникає завжди при різкій зміні освітленості, а також якщо камера оснащена КМОН–матрицею з рядковим зняттям інформації. Поява цих смуг гарантується незалежно від швидкості зчитування з матриці. Смуги обов’язково будуть, тільки тривалість їх присутності в кадрі виявиться різною в залежності від часу експонування матриці.



Рисунок 3.12 – Засвічена смуга через роботу фотоспалаху

Отже, усі камери у яких присутня КМОН-матриця при зйомці об’єктів, що швидко рухаються будуть видавати ефект Rolling Shutter. Найбільш яскраво даний дефект виражений в фотоапаратах і недорогих відеогаджетах, через те, що вказані

пристрої мають повільну багатомегапіксельну матрицю, призначену для фотозйомки.

Не дорогі відеореєстратори і екшн-камери, а також кишенькові камери та інші стільникові телефони також оснащуються повільними матрицями. Те саме можна сказати і про смартфони або планшети: навіть в дорогих моделях цієї техніки присутні повільні економні матриці, що гарантують високу появу ефекту Rolling Shutter. Виняток з цього списку складають рідкісні моделі дорогих екшн-камер, де встановлені нові швидкісні матриці.

При зйомці звичайними відеокамерами з КМОН-матрицям, Rolling Shutter проявляється рідше, ніж в попередніх випадках. Просто тому, що ці апарати призначені для правильної, високоякісної відеозйомки. Однак і тут рідкісні винятки псують картину. В гонитві за мегапікселями розробники забувають про неминучу появу ефекта Rolling Shutter. Отже питання усунення ефекту Rolling Shutter є на часі та має покращити функціональні можливості вже існуючих бездзеркальних фотокамер, для зйомки об'єктів, що швидко рухаються.

3.3.4 Математичне пояснення ефекту Rolling Shutter

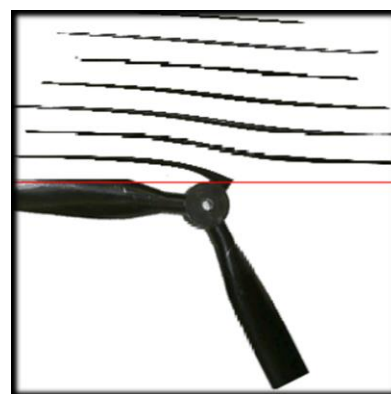
Для наглядної демонстрації ефекту Rolling Shutter доволі часто розглядають фіксацію руху лопотів пропелера [14]. Математичний опис ефекту передбачає представлення координат реального об'єкту (точок простору) (x, y) через координати зафіксованого зображення (точок деформованого зображення) (x', y') , де (θ, r) - полярні координати.

Об'єкт обертається з кутовою частотою ω , затвор переміщується з лінійною швидкістю v у вертикальному напрямку. На зображенні у положенні y' відстань, на яку змістився затвор з часу початку експозиції визначається як $y' - y_0$, та таким чином час що минув – $\frac{y' - y_0}{v}$. За цей час рухомий об'єкт обертається на число $\omega \cdot \frac{y' - y_0}{v}$ радіан. Звівши все у єдине отримаємо:

де величину ω можна розглядати як число обертів протягом експозиції, та власне, як параметр перетворення. На рис. 3.13 (а) представлено зображення пропелеру у нерухомому стані, а рис. 3.13 (б) демонструє построкове зчитування інформації на КМОН-матрицю (процес фотографування). Частина над червоною лінією зберігається як захоплене зображення.



(а)



(б)

Рисунок 3.13 – Зображення лопотів пропелеру (а) – нерухомого, (б) – що швидко рухаються з демонстрацією построкового зчитування зображення

Після закінчення заданого проміжку часу витримки, заряд з КМОН-матриці зміщується рядок за рядком в процесор камери для подальшої обробки. Існує кінцевий час, за який камера сканує зображення, зберігаючи рядки пікселів за раз. Якщо протягом цього проміжку часу буде який-небудь рух, зображення буде спотворено. Отже, через те, що у бездзеркальній фотокамері використовуються у якості чутливого елементу КМОН-матриці, що працюють накопичуючи електронний заряд при потраплянні на нього світла, у таких випадках буде спостерігатися ефект який шторкового затвору.

Висновки до розділу

В даному розділі розглянуто методи зйомки об'єктів, що швидко рухаються, особливості процесу такої зйомки та проблем, які при цьому виникають.

Вказано який вплив на розмиття зображення мають такі фактори як швидкість руху об'єкта зйомки; відстані між об'єктом зйомки і фотоапаратом; фокусної відстані об'єктива, що застосовується; кут між напрямком руху об'єкта і оптичною віссю об'єктива.

Зазначено, що для того, щоб зробити різкий та чіткий кадр певного об'єкта, що швидко рухається, необхідно зменшувати витримку фотокамери. Для цього застосовують бездзеркальні системні фотоапарати, в останніх моделях яких реалізовано мінімальну витримку на рівні $1/32000$ секунди, в сукупності з високими значеннями ISO, яке не псує картинку цифровими шумами навіть на таких рівнях як 3200 – 6400 ISO. Також необхідним, при такій зйомці, виявляється можливість робити серійну зйомку, з неперервним автофокусуванням.

Вивчені причини виникнення ефекту шторкового затвору (Rolling Shutter) та представлені приклади різних дефектів зображень при прояві вказаного ефекту. Виявлено, що чим більшою кількістю пікселів володіє матриця відеокамери або фотоапарата, і чим нижче швидкість передачі даних з цієї матриці, тим сильніше виражений ефект шторкового затвору.

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА ПОРІВНЯННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ УСУНЕННЯ ЕФЕКТУ ROLLING SHUTTER

Зараз, все більше не тільки любителів, але й професіоналів використовують бездзеркальні фотокамери (MILC). У попередніх розділах було пояснена причина такого попиту, зокрема, в таких камерах є можливість змінювати об'єктиви, можна отримати маленьку глибину чіткості, такі камери легші та дешевші ніж громіздкі професійні цифрові кінокамери і в деяких моментах зйомок немає можливості їх використати на відміну від компактних цифрових бездзеркальних фотокамер.

Проте, оскільки в MILC використовуються КМОН матриці, які підвержені неприємній деформації зображення, такої як Rolling Shutter, то з'являється необхідність позбавитись цих ефектів.

В даному розділі буде досліджено програмні та апаратні методи боротьби з ефектом Rolling Shutter та надано рекомендації щодо його усунення.

4.1 Апаратні методи боротьби з ефектом Rolling Shutter

4.1.1 Використання стабілізаторів під час зйомки

Для усунення негативного впливу послідовного зчитування зображення КМОН матрицями фотоапаратів необхідно в першу чергу під час зйомки забезпечити відсутність різких рухів камери, та вібрацій. Для цього використовують додаткову апаратуру таку як стабілізатори зображення, штативи, Steadicam.

Загалом можна їх можна розділити на вбудовані (стабілізатори матричні та стабілізатори оптики, електронні стабілізатори) та зовнішні (Steadicam, штативи, так звані «ріги») [15]

– найпростіший вид стабілізації, що не вимагає ніяких окремих модулів і механічних деталей, а лише програмні алгоритми. При включенні цифрової стабілізації центральна частина матриці виділяється для її роботи, а зображення знімається з деяким кроп-фактором. Під час зйомки картинка переміщається по матриці, гасячи тим самим коливання. Тобто, алгоритми беруть

за основу деякі контрастні точки і відслідковують їх положення на кадрі відносно меж кадру.

Чим «агресивніше» працює така стабілізація, тим сильніше обрізається і втрачає в якості підсумкове зображення. Тому цей тип стабілізації частіше можна зустріти в бюджетній техніці - смартфонах, деяких екшн-камерах, аматорських відеокамерах, компактних фотоапаратах.

. В даному типі стабілізації основну роль в процесі стабілізації зображення грає двоввігнута лінза, яка розміщується в середині об'єктива (рис.4.1) та зміщується за допомогою електромагнітів в протилежну сторону відносно траєкторії руху об'єктива. Рівень зсуву визначається датчиками кутової швидкості, оснащеними гіроскопами, і управляється швидкісним мікроконтролером (до 1000 зчитувань даних за секунду). Датчика два, оскільки перший відповідає за зсув по горизонталі, другий - по вертикалі.



Рисунок 4.1 – Розташування стабілізатора в об'єктиві

В результаті проекція зображення залишається нерухомою щодо матриці фотоапарата і на виході буде отримана якісна картинка.

Найбільш ефективно оптичний стабілізатор працюватиме на витримках, близьких до $1/n$, де n – фокусна відстань. Наприклад, якщо вести зйомку з рук, без стабілізатора, на фокусній відстані рівній 100 мм потрібно на витримках $1/100$ с і коротше. За допомогою стабілізатора можна виграти до 4-5 стопів і знімати вже не з витримкою $1/100$ с, а на $1/20$ - $1/25$ секунди.

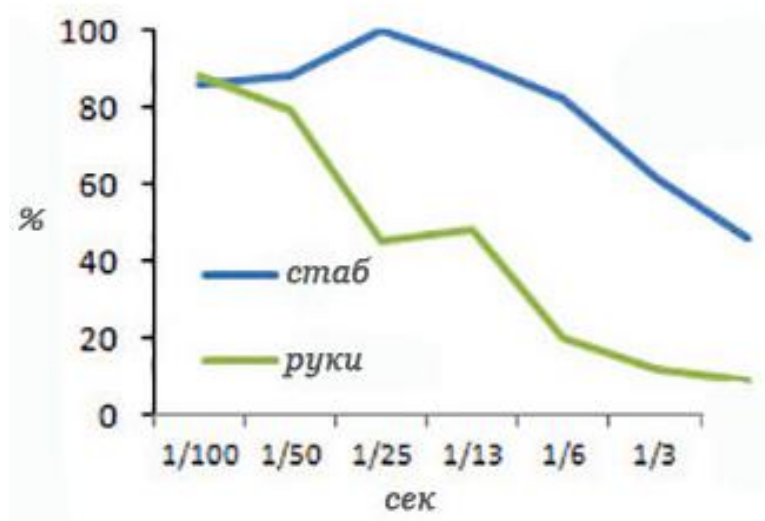


Рисунок 4.2 – Графік залежності отримання якісних знімків від витримки [13]

На рис. 4.2 показано графічну залежність між довжиною витримки та відсотковому відношенню вдалих (чітких) зображень [13].

На коротких витримках (менше 1/500 с) і на довгих (понад 1/4 с) стабілізатор краще вимикати, через те що він може тільки зашкодити зробити потрібний кадр. У першому випадку це пов'язано з тим, що датчик стабілізатора зображення буде працювати на межах своїх можливостей. Та й отримати не різку картинку на таких коротких значеннях витримки практично нереально.

Сенсор фотокамери закріплюється на спеціальній рухомій платформі, яка може переміщатися в площині, перпендикулярній оптичній осі об'єктива. Ця конструкція управляється мікропроцесором, який зчитує інформацію з дуже точного датчика вимірювання кутової швидкості і гіроскопічних сенсорів, задає напрямок зсуву платформи і запускає електроприводи для її переміщення.

Найбільш ефективно системи матричної стабілізації працюють з ширококутною оптикою - для стабілізації зображення датчику не потрібно зміщуватися на великі відстані і працювати з високою амплітудою. Власникам фотокамер з технологією стабілізації зображення за допомогою сенсора вдавалося отримувати точні результати навіть при зйомці з витягами в районі 1 с. Зі

збільшенням фокусної відстані ефективність матричної стабілізації падає, і в парі з довгофокусними телеоб'єктивами стабілізатор не завжди зможе адекватно працювати, оскільки зміщення будуть дуже інтенсивними.

Штатив (трипод, тринога) - це зазвичай прилад з трьома опорами, який утримує камеру в фіксованому положенні. Штативи бувають різних розмірів, форм, характеристик і під різні цілі використання. Штативи класифікують за типом головки, по типу матеріалу і ін..

Як правило, штатив складається з наступних частин:

голова

ручка до голови

тринога

розтяжка (павук)

Голова в відео-штативі - це найважливіша деталь і, як правило, голова окремо від решти штатива коштує $\frac{2}{3}$ вартості штатива в зборі. Її відмінність від фото голови в тому, що у відео голови зазвичай 2, а не 3 осі обертання, але основна відмінність все ж в плавності панорамування за рахунок гідро-демпфірування.

У даного типу головах присутнє регулювання плавності ходу, як правило - від 3 до 10 градацій. Ці регулятори налаштовуються відповідно до характеру зйомки. В відео-головах присутня система контрбалансу. Контрбаланс - дві пружини, які направляють голову в нульове (горизонтальне) положення. У більш просунутих головок контрбаланс регулюється.

Для зменшення вібрацій та їх негативного впливу на зйомку бездзеркальною камерою необхідно звертати увагу на вагу штативу, адже чим важче штатив тим менше від схильний до коливань, вібрацій та інших механічних дій, оскільки вага бездзеркальної камери мала в порівнянні з дзеркальними та відеокамерами.

Steadicam. Steadicam (рис.4.3) - це тип стабілізаторів для камер відеозйомки, винайдених Гарреттом Брауном і представлений в 1975 році компанією Cinema Products Corporation. Він механічно ізолює рух оператора, забезпечуючи плавний знімок, навіть коли камера рухається над не рівною поверхнею.



Рисунок 4.3 – Steadicam, жилет та прикріплений до нього пантограф

Більшість установок steadicam мають 3 основні компоненти:

Система стабілізації з площадкою для камери (рис.4.4);

Жилет оператора;

«Рука».

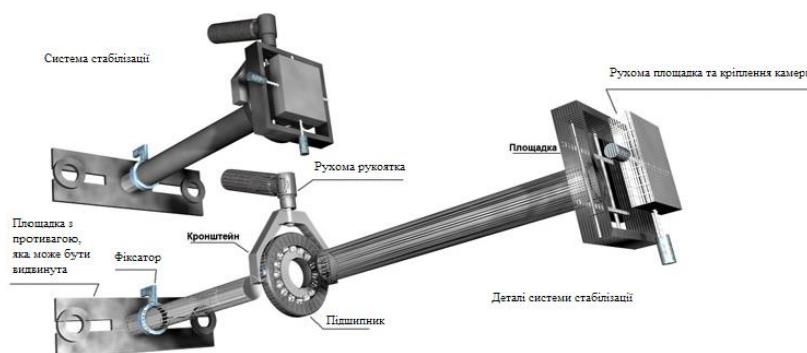


Рисунок 4.4 – Система стабілізації з площадкою для камери

Стабілізація камери, а відповідно й зображення відбувається за рахунок системи противаги та ручки рукоятки як прикріплена до підшипника, що в об'єднанні має назву гімбл (рис.4.5).



Рисунок 4.5 – Рукоятка стедікама

З фізичної точки зору стедікам - коливальний контур, що настроюється з частотою коливань близько 1 Гц. Всі елементи стедікама, так чи інакше, підпорядковані завданню утримувати камери в заданому положенні:

Пантограф (рис.4.4) утримує стедікам та камеру на ньому й ізолює їх від вертикальних рухів оператора і дрібних коливань за допомогою пружин, гімбл відсікає більш "низькочастотні" небажані вертикальні переміщення оператора і площадки, система противаги, за рахунок підібраного балансу забезпечує потрібне положення камери в статиці і русі.

Система steadicam має великий момент інерції відносно точки підвісу. Вона діє як фільтр високих частот, істотно послаблюючи амплітуду коливань на частотах понад 1 Гц. Фільтр високої частоти виникає внаслідок того, що момент інерції великий. Для підвищення інерційності не обов'язковий дуже важку противагу, можна взяти легше, але винести подальше.

Стедікам знаходиться в динамічному балансі, якщо при зовнішньому впливі (переміщенні, відхиленні, поштовху) система залишається вертикальною і зберігає орієнтацію в просторі, якщо при обертанні навколо точки підвісу, він зберігає орієнтацію по осі (обертається в одній площині) і зберігає орієнтацію в цій площині (не відхиляється) і не виникають хвильові коливання).

Динамічна рівновага і статичний баланс - це дві пов'язані умови для досягнення динамічного балансу. Динамічний баланс не пов'язаний з тим як швидко чи повільно рухатиметься стедікам, якщо докласти зусилля. Це описується поняттям інерції. Часто стедікам може перебувати в статичному балансі (абсолютно вертикально), але не буде в динамічній рівновазі, відповідно, не буде стабілізації зображення в русі.

4.1.2 Використання глобального затвору

Зараз матриці всіх сучасних фотокамер побудовані за технологією КМОН в яких зчитування інформації відбувається порядково [15], що впливає на появу ефекту плаваючого затвору.

Для вирішення цієї проблеми необхідно використовувати таку матрицю, яка могла здійснювати зчитування інформацію з кожного пікселя матриці одночасно (так званий «Global Shutter» - англ. – глобальний затвор). За своєю структурою КМОН матриці не здатні цього робити на відміну від ПЗЗ матриць, які використовуються в професійних відео та кінокамерах. Але останні мають ряд недоліків, таких як неможливість потоковим методом знімати кадр за кадром, а також необхідність наявності механічного затвору для перекривання матриці, що значно знижує швидкодію системи.

Нова технологія 1.46 мегапіксельного КМОН сенсор зображення з задньою засвіткою, що оснащений функцією глобальної затвора, була оголошена на ISSCC 11 лютого 2018 року в Сан-Франциско в США. Нещодавно розроблені аналогово-цифрові перетворювачі з пікселями забезпечують функцію миттєвого перетворення аналогового сигналу з усіх пікселів, що експонуються одночасно.

В новому типі матриць використовуються нещодавно створені мікро АЦП, які розташовуються під кожним пікселем. Ці АЦП миттєво перетворюють аналоговий сигнал з усіх одночасно експонованих пікселів паралельно цифровому сигналу, щоб тимчасово зберегти його в цифровій пам'яті. Ця архітектура усуває деформацію фокальної площини через зміну часу зчитування, що дозволяє забезпечити функцію глобального затвора.

Додання майже в 1000 разів більшої кількості конверторів в порівнянні з традиційним методом (в якому аналого-цифровий перетворювач розташовується для кожного вертикального ряду пікселів у паралельній конфігурації) дозволяє проводити зчитування одночасно з усіх пікселів.

Дана технологія КМОН датчика з заднім підсвічуванням створена завдяки наступним технологіям:

- Низько-струмовий мікро АЦП, що розташований паралельно пікселю;
- Cu-Cu з'єднанню;
- Високошвидкісна передача даних.

Для зменшення енергоспоживання новий конвертор використовує компаратори, які працюють з підпороговими струмами, що призводить до

найефективнішого, низькострумового, компактного 14-розрядного аналого-цифрового перетворювача. Ця технологія дозволяє одночасно зчитувати інформацію з усіх пікселів КМОН матриці.

З'єднання Si-Si забезпечує зв'язок між пікселем та підкладкою, одночасно даючи простір для реалізації 1,46 мільйонів АЦП, за кількістю пікселів матриці, а також з'єднання між АЦП та цифровою пам'яттю.

Також було розроблено нову схему зчитування, яка підтримує масове паралельне передавання цифрових сигналів, необхідне для процесу перетворення аналогових сигналів в цифрові, що дає змогу читати та записувати всі піксельні сигнали на високій швидкості.

Дана технологія поки дозволяє робити знімки (рис.4.1.2.1) з витримкою 1/2000с та роздільною здатністю 1632×896 пікселів.



Рисунок 4.6 – Фотографія зроблена КМОН матрицею з глобальним затвором

Як можна побачити з рисунку 4.6 усунуто ефект Rolling Shutter при зйомці пропелера.

Далі в таблиці 4.1 представлено основні характеристики нового типу КМОН сенсорів.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики КМОН сенсора з заднім підсвічуванням [16]

	Низький режим живлення	Низький рівень шуму
Роздільна здатність (пк)	1632 × 896	
Розмір пікселя (мкм)	6,9×6,9	
Максимальна швидкість зйомки (к/с)	660	
Споживання енергії (мВт)	654	746
Динамічний діапазон (Дб)	65,7	70,2
Бітність АЦП (біт)	14	

4.1.3 Алгоритм аналізу та усунення дефекту Rolling Shutter

Для створення алгоритму виправлення дефекту Rolling Shutter було взято зображення (рис.4.7 та рис. 4.8) зроблене за допомогою OmniVision 1.3 Megapixel CameraChip [17], який генерує 640×480 відео з 15 кадрами в секунду. На цьому чіпі відсутній локальний буфер кадру, тому захоплені дані транслюються на комп'ютер через інтерфейс USB.



Рисунок 4.7 – Знімки першої послідовності тестових зображень. Від (a) - (f) числа кадрів 1, 5, 6, 12, 16 та 38.

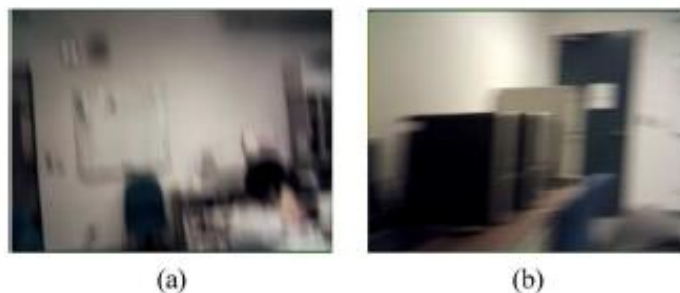


Рисунок 4.8 – Знімки другої послідовності тестових зображень.

Розв'язування ефекту Rolling Shutter є складним завданням. Існує три основні проблеми, які необхідно вирішити. По-перше, з (4.1.3.1) відомо, що якщо s_1 і p_1 ідентифіковані і швидкість $v(t)$ відома, переміщення між s_2 і p_2 можуть бути отримані і виправлені. Проте пару s_1 і p_1 потрібно визначити спочатку. По-друге, оскільки вхідна послідовність геометрично спотворюється і рух розмивається, оцінка швидкості за допомогою функції виявлення та узгодження складна. Треба шукати альтернативне рішення. По-третє, часова вибірка $v(t)$ повина бути на рівні сканування, що набагато вище, ніж частота кадрів. Проте традиційні методи аналізу руху дозволяють створювати інформацію про рух лише за частотою кадрів.

де p_1 в $(n-1)$ -му кадрі і p_2 в n -му кадрі нормальної послідовності зображень відповідають одній і тій самій точці сцени. Оскільки обидва кадри в вибірці $(n-0.5)T$ і $(n+0.5)T$, відповідно, зміщення зображення точки можна описати за допомогою

Аналогічно, зміщення зображення між точкою s_1 у $(n-1)$ -му кадрі та відповідною точкою s_2 у n -му кадрі спотвореної послідовності зображень може бути описана

Діапазон пошуку для глобальної оцінки руху встановлено до 160 пікселів у горизонтальному та вертикальному напрямках. Для поліпшення внутрішньокадрового руху діапазон пошуку для кожного регіону адаптивно визначається відповідно до (4.4) і (4.5) і обмежується до 100 пікселів.

$$\text{---} \quad (4.4)$$

$$\text{---} \quad (4.5)$$

Ці два обмеження використовуються для виявлення виключення. Якщо точка s_1 і її оцінка швидкості задовольняють (4.4) і (4.5), виконуємо локальну оцінку руху для уточнення оцінки швидкості, аналогічно глобальній оцінці руху, за винятком того, що розглядається лише невелика область навколо s , а не весь кадр. Після місцевого руху $l(s_1, n) = (l_x(s_1, n), l_y(s_1, n))$ від s_1 з n -ого кадру, відповідний s_2 в попередньому кадрі знаходиться за допомогою (4.6)

$$(4.6)$$

Для компенсації внутрішньокадрового спотворення задамо p_1 і p_2 як дві точки в кадрі нормальної послідовності зображень і момент часу, при якому камера нерухома. Позначимо відповідні точки p_1 і p_2 на даний момент часу як r_1 і r_2 , відповідно..

Зауважимо, що r_1 та r_2 є допоміжними точками для математичного виведення. Узагальнюючи маємо

Віднімаючи () з (), маємо

$$()$$

Аналогічно, розглядаючи дві точки s_1 і s_2 в n -му кадрі спотвореної послідовності зображень, яка відповідає r_1 і r_2 , відповідно, маємо

$$()$$

$$()$$

Віднімання () з () дає

$$+ ()$$

Переставивши вищевказане рівняння, ми маємо

$$()$$

яке має два значення. По-перше, якщо камера не рухається протягом часового інтервалу $(nT + \dots nT + \dots p_2 - p_1 = s_2 - s_1)$, то немає ефекту Rolling Shutter. По-друге, якщо s_2 і s_1 знаходяться на одному і тому ж рядку розгортки, інтервал інтегрування в () дорівнює нулю, і, таким чином, відстань між пікселями в рядку розгортки не залежить від Rolling Shutter. Описаний вище аналіз формує теоретичну основу алгоритму компенсації Rolling Shutter.

Перша проблема може бути вирішена якщо $v(t)=0$ за $0 < t < T$ так що $s=p$ для будь-якої точки в першому кадрі, піксель центру $s_m = (s_{mx}, s_{my})$ n -й спотворений

кадр знаходиться в тому ж місці, що й відповідна його точка $p_m=(p_{mx}p_m)$ n -го нормального зображення. Це співвідношення може бути отримано з (4.2) і (4.6), зазначивши, що

$$(4.14)$$

Де g являє собою місце розташування s_m (і p_m) в першому кадрі. Ми можемо вибрати середній сканлайн зображення як посилення на компенсацію.

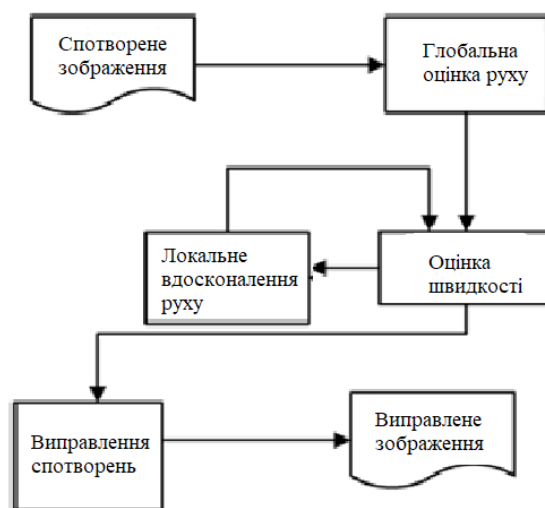


Рисунок 4.9 — Структурна схема запропонованого алгоритму.

Друга проблема може бути вирішена шляхом визначення глобального руху по всьому кадру першого і оцінці швидкості кожного рядка розгорнення з отриманого глобального руху. Зверніть увагу, що легше отримати надійну оцінку глобального руху, ніж відповідні точки. Також зауважте, що визначення відповідностей не потрібно в цьому підході.

Третю проблему вирішують, використовуючи параметричну криву для інтерполяції швидкості та оцінку швидкості тонкої гранулярності. На відміну від детерміністичної інтерполяції, підбір параметричних кривих може ефективно генерувати плавні дані та адаптуватися до локальних зразків.

Сила алгоритму походить від нової комбінації декількох прийомів. Загальна

блок-схема пропонованої системи показана на рис. 4.9. По-перше, глобальна оцінка руху виконується для кожного кадру, щоб отримати початкову оцінку швидкості. Отримані дані глобального руху інтерполюються з використанням кривої Безьє, щоб оцінити швидкість кожного рядка розгорнення. Потім виконується локальне поліпшення руху, щоб поліпшити оцінку швидкості. Локальне вдосконалення руху та оцінка швидкості виконуються ітераційно. Нарешті, зображення відновлюється шляхом перевстановлення ліній сканування.

Кількість ітерацій встановлено на 3. Порівняння результатів роботи алгоритму показані на рисунках 4.10, де невизначені пікселі залишаються порожніми (чорні).

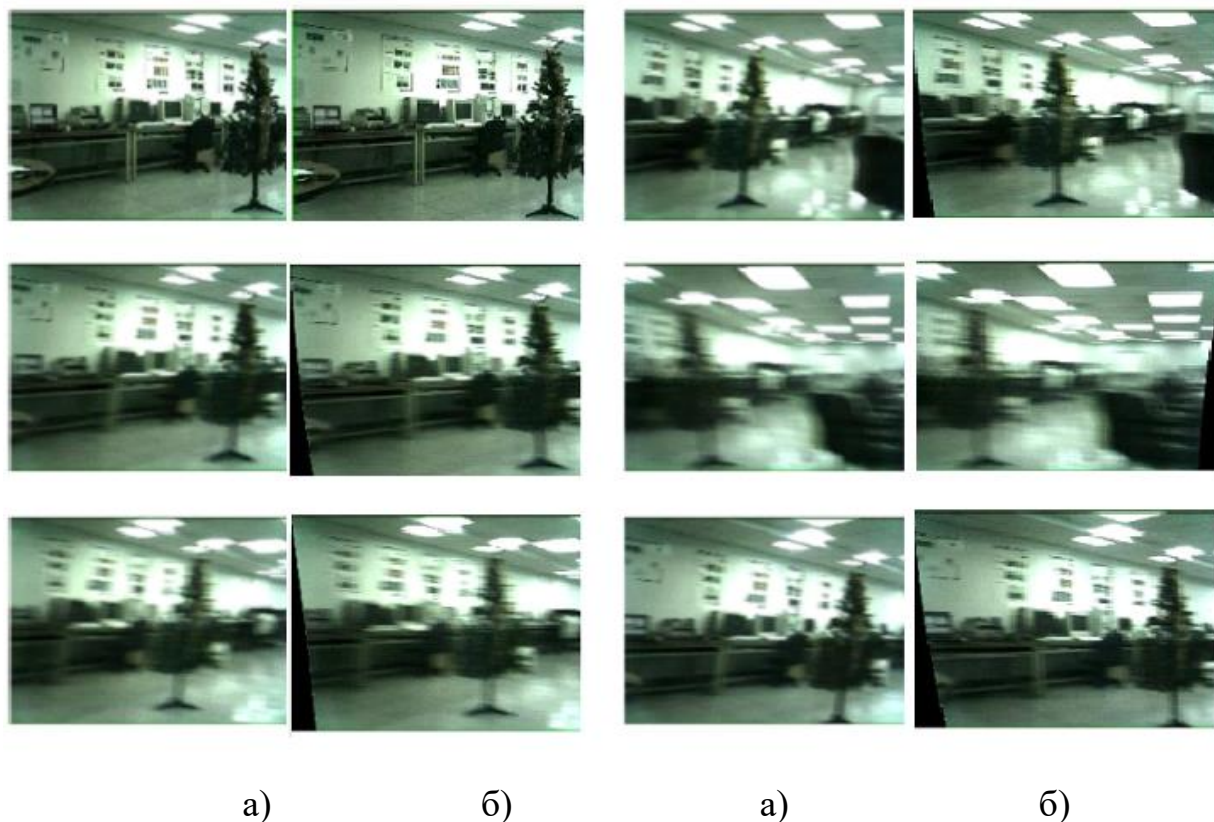
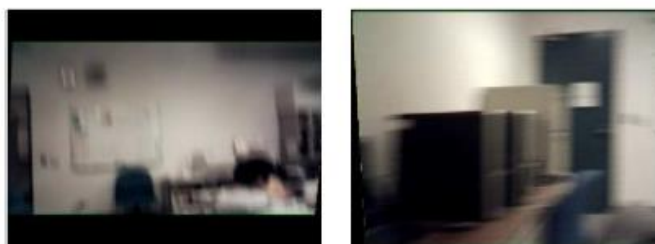


Рисунок 4.10 – Порівняння початкової (а) та виправленої (б) послідовності зображень



а)



б)

Рисунок 4.11 – Порівняння початкової (а) та виправленої (б) послідовності зображень

Як видно геометричні спотворення в обох послідовностях належним чином компенсуються. Алгоритм здатний відновити ялинкові дерева на рис. 4.10 у вертикальне положення, навіть якщо оригінальне зображення настільки розмите. На рис. 4.11, розмір дошки на стіні відновлюється, а край дверей вертикальний. Зверніть увагу, що крива границя чорного краю у виправленому зображенні є результатом того, що оцінка швидкості виконується за сканлайном. Нарешті, через прийняття інтерполяції кривої Без'є [24], відсутній ефект надкомпенсації.

4.2. Програмні методи боротьби з ефектом Rolling Shutter

Якщо зображення не вдалось стабілізувати за допомогою засобів перелічених на початку розділу, то останнє що можна зробити для отримання чіткого зображення – це використати програмні засоби усунення ефекту Rolling Shutter. Всі розглянуті алгоритми усунення ефекту шторкового затвору реалізовані у програмних продуктах, призначених для обробки зображення. Розглянемо найбільш застосовувані на практиці програми.

4.2.1 Усунення Rolling Shutter за допомогою Rolling Shutter Repair Adobe Premiere Pro

В програмному забезпеченні Premiere Pro компанії Adobe є вбудована функція, що дозволяє зменшувати негативний вплив електронного шторкового затвору на відеоряд. Дана функція має назву Rolling Shutter Repair (рис. 4.12).

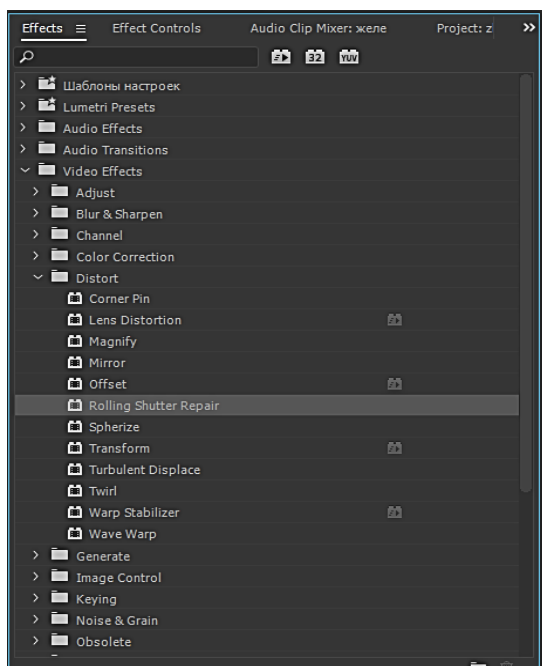


Рисунок 4.12 – Розташування плагіну Rolling Shutter Repair увікні ефектів Premiere Pro

Перетягнувши даний плагін на часову вісь поверх відеоролику, що завантажили, переходимо до його налаштувань (рис.4.13).

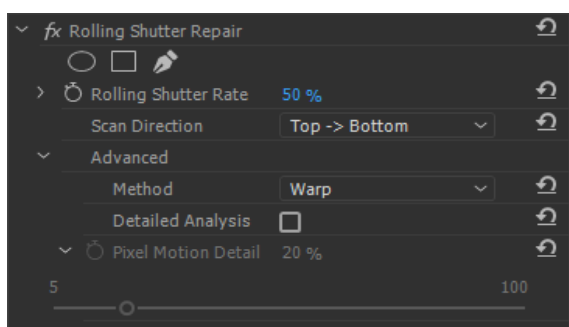


Рисунок 4.13 – Вікно налаштувань плагіну Rolling Shutter Repair

Після застосування цього плагіну стають доступні такі властивості [18]:

- Rolling Shutter Rate: задає відсоток кадрової частоти, тобто, час сканування. Для камер DSLR це значення становить 50-70%, для iPhone – близько до 100%. Налаштувавши швидкість плаваючого затвора можна зробити так, щоб спотворені рядки стали вертикальними.
- Scan Direction: задає напрямок сканування для плаваючого затвора. Більшість камер виконують сканування датчика в напрямку зверху вниз. Камери смартфонів можна перевертати зверху вниз або повертати. В такому випадку необхідно задати інший напрямок сканування.
- Вкладка Advanced
- Method: визначає використання аналізу оптичного потоку і зміну часу руху пікселів для створення кадрів без спотворення («Рух пікселів») або розподілене відстеження точки і деформації («Деформація»).
- Detailed Analysis: аналіз точки в межах деформації з більш високим рівнем деталізації. Доступно при використанні методу деформації.
- Pixel Motion Detail: визначає необхідну деталізацію обчислень векторного поля оптичного потоку. Доступно при використанні методу «Рух пікселів».

Враховуючи дану інформацію необхідно виставити значення такі, що відповідають зображенню, яке необхідно виправити (зняте було на цифрову фотокамеру, телефон чи екшн-камеру).

Для аналізу роботи даного ефекту було взято відеоролик з велосипедистом, що швидко проїжджає повз нерухому фотокамеру (рис.4.14).



Рисунок 4.14 – Кадр відеозображення з явно вираженим дефектом Rolling Shutter

Враховуючи те, що дане відео було знято на фотокамеру, необхідно обрати Rolling Shutter Rate близько 50% (рис.4.15)

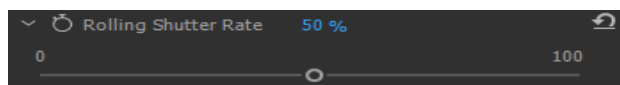


Рисунок 4.15 – Налаштування параметру Rolling Shutter Rate

Далі, аналізуючи зображення можна побачити, що характер нахилу колес велосипеда відповідає построговому зчитуванню матриці фотоапарата зверху вниз, тому в налаштуваннях ефекту Rolling Shutter Repair необхідно обрати відповідну функцію (рис.4.16).

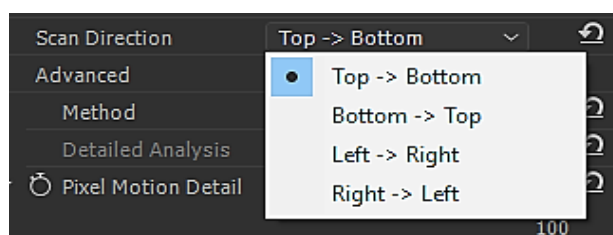


Рисунок 4.16 – Вибір необхідного параметру

Далі у вкладці Advanced - Method необхідно обрати метод за яким програма буде аналізувати спотворення в кадрі. Оскільки зображення деформовано не повністю, але частина (велосипедист з велосипедом), то необхідно обрати метод відстеження руху пікселів (Pixel Motion) (рис.4.17)

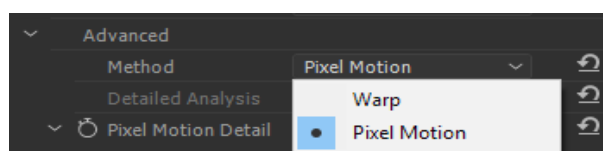


Рисунок 4.17 – Вибір необхідного параметру

Враховуючи те, що частина спотвореного зображення займає не багато місця (приблизно 1/8 кадра), то визначник необхідної деталізації обчислень векторного поля оптичного потоку необхідно виставити майже в крайнє максимальне

положення (рис.4.18).

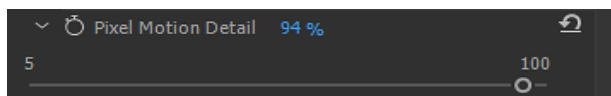



Рисунок 4.18– Вибір необхідного параметру

Для порівняння роботи ефекту Rolling Shutter Repair необхідно експортувати два кадри відеопотоку застосовуючи функцію скріншот  програмного забезпечення Adobe Prmiere Pro.



а)

б)

Рисунок 4.19 – а) Кадр відеопослідовності до застосування ефекту Rolling Shutter Repair; б) Кадр відеопослідовності після застосування ефекту Rolling Shutter Repair

На рис. 4.19, то можна побачити, що даний плагін досить правильно змінив пропорції колес, та виправив їх нахил. Тепер картинка відповідає дійсності. І в продовж всієї відеопослідовності змін решти кадру не було помітно.

4.2.2 Усунення Rolling Shutter за допомогою програмного забезпечення Prodad Mercalli V4 SAL+

Програма Mercalli V4 SAL + створена для різного типу стабілізації вже відзнятого зображення, а також протидіє небажаному ефекту Rolling Shutter, а саме: перекіс, желе, коливання, а також диференційовані настройки для протидії

вібраціям і хвилям. Якщо потрібно додатково оптимізувати повністю автоматичну корекцію КМОН в відео, то можна обрати один з доступних типів спотворення КМОН з меню [19] (рис.4.20).



Рисунок 4.20 – Меню вибору налаштувань протидії ефекту Rolling Shutter програми Mercalli V4 SAL +

Отже дане програмне забезпечення дозволяє боротися з:

- нахилом вертикальних ліній (рис.4.21);
- ефектом «желейності» картинки (рис.4.22);
- вібрацій, хвиль (рис.4.23).



Рисунок 4.21 – Нахил будівлі під дією ефекту Rolling Shutter

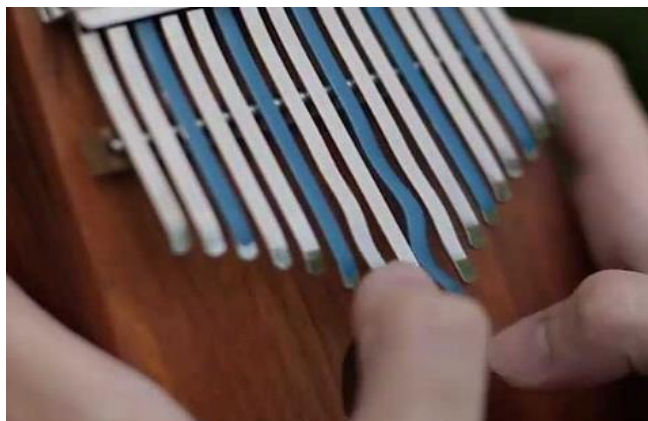


Рисунок 4.22 – Тверде тіло виглядає як дуже гнучке



Рисунок 4.23 – Вплив вібрації камери (матриці) на вихідне зображення



Рисунок 4.24 – Початкове спотворене зображення

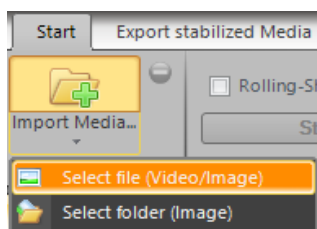
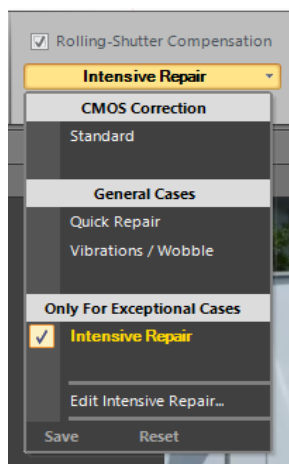
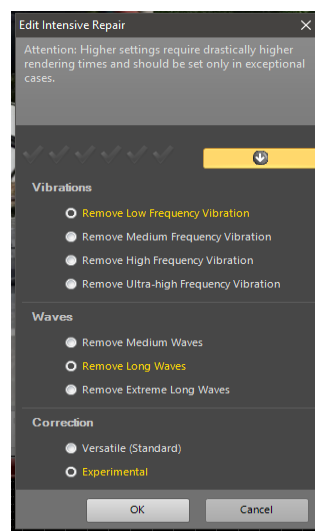


Рисунок 4.25 – Завантаження необхідної відеопослідовності

Після того як відео (рис.4.24) завантажиться (рис.4.25) в програму, з'являється можливість виправити ті спотворення, що були внесені електронним шторковим затвором. На рис. 4.26 а) зображено вікно з вибором того як програма буде аналізувати та виправляти зображення. Оскільки ефект Rolling Shutter досить сильно виражений в даному випадку необхідно обрати пункт Intensive Repair, а потім обрати Edit Intensive Repair (рис.4.26 (б)) для більш точного налаштування.



а)



б)

Рисунок 4.26 – Вибір налаштування Intensive Repair

Обираємо необхідні налаштування в залежності від виду спотворень, що виникли під час зйомки (нахилом вертикальних ліній, ефект «желейності», вібрація, хвилі).

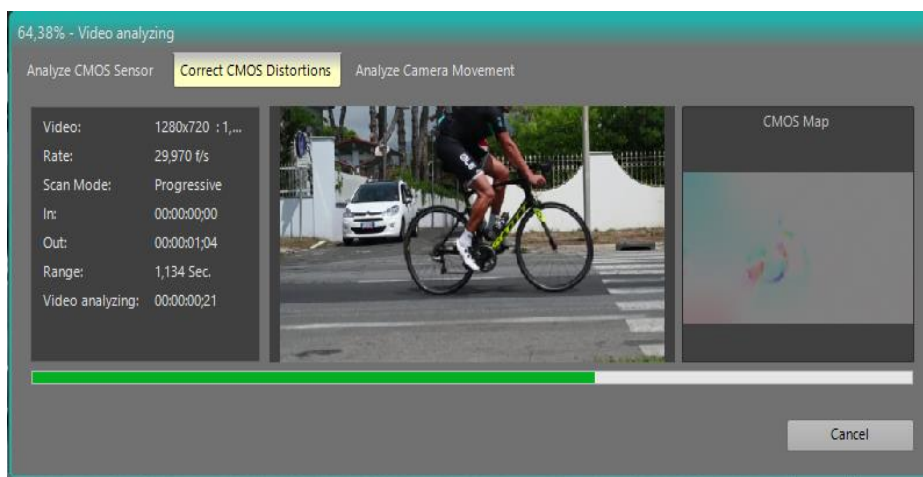


Рисунок 4.27 – Аналіз відеопослідовності на наявність спотворень

На рис. 4.27 процес аналізу зображення під час якого визначається тип розгортки (прогресивна, черезрядкова), роздільна здатність, вхідна і вихідна точки аналізу і виправлення, також створюється КМОН Map на якій визначається зміщення пікселів, а також відстежується рух камери для стабілізації зображення.



Рисунок 4.28 – Усунуто негативний ефект у вигляді нахилу коліс

На рис. 4.28 зображено результат роботи програми Mercalli V4 SAL + по усуненню негативного впливу плаваючого затвору.

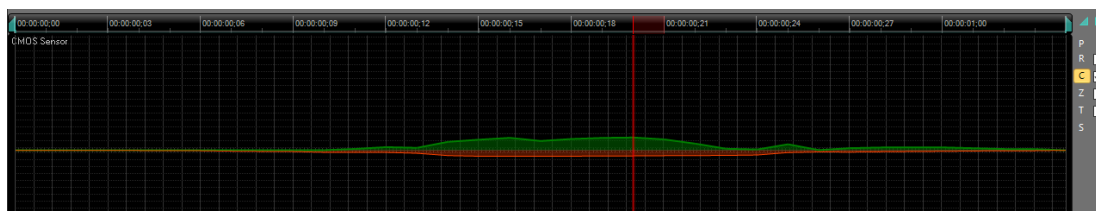


Рисунок 4.29 – Графік роботи на якому відображена детекція спотворень у відеопотоці

Зелена крива показує корекцію (протидію спотворенням викликаним ефектом Rolling Shutter) програми Mercalli, помаранчева крива показує залишкові помилки. Зміна графіку відповідає тому моменту коли в кадрі з'являється велосипед і через його швидкий рух відносно камери паралельно матриці з'являється спотворення, яке програма Mercalli детектувала і змогла усунути.



а)



б)

Рисунок 4.30 – Порівняння кадру а) Початкове зображення; б) результат роботи програми Mercalli V4 SAL +

Аналізуючи рис. 4.30 можна побачити, що на рис. 4.30 а) колеса виглядають так ніби мають овальну форму, а не форму кола як зображено на рис. 4.30 б), що виглядає неприродньо. Mercalli V4 SAL+ вносить деякі спотворення під час усунення ефекту Rolling Shutter, а саме на цьому кадрі видно що переднє колесо напівпрозоре. Це пов'язано з тим, що під час зсуву пікселя зображення програма бере інформацію з оточуючих пікселів.

Хоча дана програма досить ефективно знешкоджує дефекти викликані ефектом Rolling Shutter, використовувати її для професійної зйомки не рекомендується, оскільки алгоритм працює не зовсім коректно і змінює зображення там де ніяких дефектів немає (рис.4.31)

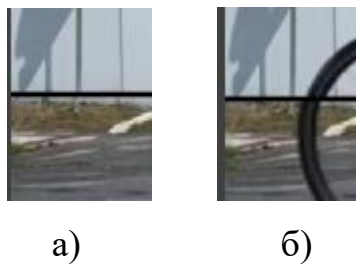


Рисунок 4.31 – Зміщення нерухомого зображення через роботу програми
Mercalli V4 SAL +

Висновки до розділу

Для покращення функціональних можливостей бездзеркальних фотокамер необхідно позбавитись від негативного впливу при зйомці об'єктів, що швидко рухаються. В розділі були надані рекомендації щодо засобів, які можуть бути використані під час зйомки, об'єктів, що швидко рухаються та допомогти позбавитись від ефектів, які при цьому виникають.

Розглянуто технологію, яка дозволяє зчитувати інформацію з КМОН матриці не порядково, а відразу з усіх пікселів, що дозволяє позбутися спотворень зображення.

Описаний аналіз зображень, що були спотворені ефектом Rolling Shutter та розроблено алгоритм корекції спотворення, щоб позбуватись даного ефекту. Алгоритм простий та ефективний, що дає змогу використовувати його в контролерах фотоапарату для компенсації спотворень зйомки КМОН матрицею з послідовним затвором. Оскільки, замість того, щоб знаходити точну відповідність між послідовними кадрами спотвореної послідовності зображень, алгоритм використовує загальну оцінку руху, фіксацію параметричної кривої та перебудову зображення, щоб компенсувати спотворення.

Також було розглянуто дві популярні програми за допомогою яких можна компенсувати спотворення викликані ефектом Rolling Shutter. Це програми Adobe Premiere Pro з вбудованим плагіном Rolling Shutter Repair та програма Mercalli V4 SAL+. В ході дослідження було виявлено, що Adobe Premiere Pro з вбудованим плагіном Rolling Shutter Repair виправила нахил коліс ефективніше, не змінивши

інші ділянки кадру на відміну від Mercalli V4 SAL+, що також забезпечує можливість виправляти спотворення викликані ефектом Rolling Shutter, проте інші частини кадру були помітно змінені.

Зазначено, якщо не вдалося повністю позбутися спотворень під час зйомки, то рекомендується використовувати програму Adobe Premiere Pro з вбудованим плагіном Rolling Shutter Repair, яка ефективніше справляється з поставленою задачею.

5 СТАРТАП-ПРОЕКТ

5.1 Опис ідеї проекту

Таблиця 5.1 Опис ідеї стартап-проекту

Зміст ідеї	Напрямки застосування	Вигоди для користувача
Запропонувати студію корекції дефектів зйомки об'єктів, що швидко рухаються	1. Освіта	Можливість студентам дізнатись більше про зйомки рухомих об'єктів.
	2. Кіно та відеоігри	Можливість правильного (природного) відображення швидких об'єктів
	3. Спортивна журналістика	Можливість корегувати фото зі спортивних подій, призначених для професійних періодичних друкованих та інтернет-видань.

Таблиця 5.2 – Визначення характеристик ідеї проекту

		(потенційні)					
№ п/п	Техніко–економічні характеристики ідеї	товари/концепції конкурентів			W (слабка сторона)	N (нейтральна сторона)	S (сильна сторона)
		Запропонований метод	Mercalli V4 SAL +	Adobe After Effects			
1.	Пропозиція продажу послуг або підписки на них	Дає змогу	Дає змогу	Дає змогу		+	
2.	Вартість послуги	200\$	400\$	1200\$			+

5.2 Технологічний аудит ідеї проекту.

У таблиці 5.3 показано оцінку технологічної здійсненності ідеї проекту та наведено технології, що можуть бути використані для реалізації проекту.

Таблиця 5.3. Технологічна здійсненність ідеї проекту

№ п/п	Ідея проекту	Технології її реалізації	Наявність технологій	Доступність технологій
1	Студія корекції дефектів зйомки об'єктів, що швидко рухаються	Спеціалізоване обладнання для Усунення спотворень	Наявна	Доступна
2		Застосування апаратних систем	Необхідно розробити	Доступна
3		Розробка власних апаратно-програмних рішень	Наявна	При обмеженому бюджеті недоступна

Обрана технологія реалізації ідеї проекту: застосування спеціалізованого обладнання для проведення безмаркерного захоплення руху для анімації.

5.3. Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

У таблиці 5.4 показано попередню характеристику потенційного ринку стартап-проекту.

Таблиця 5.4. Попередня характеристика потенційного ринку стартап-проекту

№ п/п	Показники стану ринку (найменування)	Характеристика
1	Кількість головних гравців, од	6
2	Загальний обсяг продаж, грн/ум.од	500000
3	Динаміка ринку (якісна оцінка)	Зростає
4	Наявність обмежень для входу (вказати характер обмежень)	Зацікавлення потенційних клієнтів
5	Специфічні вимоги до стандартизації та	Немає

	сертифікації	
6	Середня норма рентабельності в галузі (або по ринку), %	$500000/210000 = 238\%$

У таблиці 5.5 показано характеристику потенційних клієнтів стартап-проекту.

Таблиця 5.5. Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

№ п/п	Потреба, що формує ринок	Цільова аудиторія (цільові сегменти ринку)	Відмінності у поведінці різних потенційних цільових груп клієнтів	Вимоги споживачів до товару
1	Покращення процесу зйомки об'єктів, що швидко рухаються	ЗМІ, медійні компанії	Рівень очікування якості захоплення руху	Відповідність результату найвищим стандартам якості
2	Пришвидшення процесу захоплення руху	ЗМІ, медійні компанії	Кожна з потенційних цільових груп має свої вимоги до плавності анімації	Забезпечення захоплення руху для анімації 3D моделей в залежності від рівня потреб споживача

У табл. 5.6 показані фактори загроз реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.6. Фактори загроз

№ п/п	Фактор	Зміст загрози	Можлива реакція компанії
1	Не зацікавленість клієнтів	Внаслідок невдалого маркетингу клієнт може не зацікавитись послугами	Внесення додаткових сервісних послуг, демонстрація можливостей
2	Втрата конкуренції	Втрата рангу надійного поставника	Якісне та кількісне нарощування інтенсивності та грамотна цінова політика

У табл.5.7 показано фактори можливостей при реалізації стартап-проекту.

Таблиця 5.7. Фактори можливостей

№ п/п	Фактор	Зміст можливості	Можлива реакція компанії
1	Перехід до домінування на ринку медійних послуг	Зростання попиту	Якісне та кількісне нарощування потужностей
2	Імплементація технологій в існуючі фоткамери	Зростання попиту внаслідок зростання клієнтів	Якісне та кількісне нарощування потужностей

У таблиці 5.8 визначено особливості конкурентного середовища та його вплив на впровадження проекту [22].

Таблиця 5.8. Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

Особливості конкурентного середовища	В чому проявляється дана характеристика	Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)
1. Чиста конкуренція	Використання схожих технологій	Стандартизація на високому рівні
2. Локальний	Відсутність єдиного національного постачальника послуг	Окремий підхід до кожної локальної ділянки
3. Міжгалузева	Відсутня	Відсутня
4. Товарно-видова	Застосування стандартизованих технологій	За необхідності, використання загальноновживаних апаратних та програмних засобів
5. Цінова	Застосування спеціалізованих комплексів, які мають значну ціну	Можливість заощадити за допомогою застосування загальноновживаних апаратних засобів
6. Марочна	Кожна діагностика має бути стандартизованою	Отримання переваги на ринку медійних послуг

У таблиці 5.9 показано аналіз конкуренції проекту в галузі за М. Портером

Таблиця 5.9. Аналіз конкуренції в галузі за М. Портером

Складові аналізу	Прямі конкуренти в галузі	Потенційні конкуренти	Постачальники	Клієнти	Товари–замінники
	Постачальники і маркерних технологій	Необхідність пошуку постачальників	Залучення малопопулярних постачальників	Незалежність у прийнятті клієнтських рішень	Надання переваги більш авторитетним апаратним рішенням
Висновки	Середня	Можливість виходу на ринок є	Постачальники диктують цінову політику на обладнання	Клієнти диктують вимоги до якості	Обмеження існують лише у разі відмови від діагностики

У табл. 5.10 показано фактори конкурентоспроможності та їх обґрунтування.

Таблиця 5.10. Обґрунтування факторів конкурентоспроможності

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Обґрунтування (наведення чинників, що роблять фактор для порівняння конкурентних проектів значущим)
1	Раціональніший ціновий показник	Можливість більш раціонально використати ресурси на покращення якості захоплення руху
2	Надання сервісних послуг	Сервісна підтримка програмної частини

У табл. 5.11 наведено сильні та слабкі сторони проекту.

Таблиця 5.11. Порівняльний аналіз сильних та слабких сторін проекту

№ п/п	Фактор конкурентоспроможності	Бали 1–20	Рейтинг товарів–конкурентів у порівнянні						
			–3	–2	–1	0	+1	+2	+3
1	Раціональніший ціновий показник	17	+						
2	Надання сервісних послуг	12		+					
3	Періодична діагностика	4				+			

4	Необхідність залучення висококваліфікованих кадрів	7							+
---	--	---	--	--	--	--	--	--	---

У табл.5.12 наведено SWOT-аналіз стартап-проекту.

Таблиця 5.12. SWOT-аналіз стартап-проекту

Сильні сторони: раціональний ціновий показник, надання сервісних послуг	Слабкі сторони: періодична діагностика, можливості погіршностей при захопленні руху
Можливості: Перехід до ексклюзивного застосування нового методу, Імплементация методу в існуючі комплекси захоплення руху	Загрози: Незацікавленість клієнтів, втрата авторитету

Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту наведені у табл.5.13.

Таблиця 5.13. Альтернативи ринкового впровадження стартап-проекту

№ п/п	Альтернатива (орієнтовний комплекс заходів) ринкової поведінки	Ймовірність отримання ресурсів	Строки реалізації
1	Укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення	висока	незначні
2	Використання приладів загального вжитку для підвищення конкурентоспроможності	середня	незначні

Обрана альтернатива – укладення договорів з медійними компаніями та швидке захоплення ринку при використанні нового рішення

5.4. Розроблення ринкової стратегії проекту

Обґрунтування вибору цільових груп потенційних споживачів наведено у табл. 5.14 [22].

Таблиця 5.14. Вибір цільових груп потенційних споживачів

№ п/п	Опис профілю цільової групи потенційних клієнтів	Готовність споживачів сприйняти продукт	Орієнтовний попит в межах цільової групи (сегменту)	Інтенсивність конкуренції в сегменті	Простота входу у сегмент
1	Медійні та кінокомпанії	Середня	Високий	Середня	Висока
2	Аматорські кіностудії та рекламні агенства	Висока	Високий	Середня	Низька

Визначення базової стратегії розвитку наведено у табл. 5.15.

Таблиця 5.15. Визначення базової стратегії розвитку

№ п/п	Обрана альтернатива розвитку проекту	Стратегія охоплення ринку	Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи	Базова стратегія розвитку*
1	Використання альтернативних технологій та пристроїв	Встановлення нового стандарту якості	Зацікавлення та залучення гігантів у галузі телебачення та кіно	Стратегія диференціації
2	Дешевизна проекту	Раціональніші витрати на обладнання, та послуги	Застосування загальноновживаних апаратних рішень замість спеціалізованих комплексів	Стратегія лідерства по витратах

Визначення базової стратегії конкурентної поведінки наведено у табл.5.16.

Таблиця 5.16. Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

№ п/п	Чи є проект «першопрохідцем» на ринку?	Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?	Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента, і які?	Стратегія конкурентної поведінки*
1	Так	Забирати існуючих та шукати нових	Не буде	Стратегія виклику лідера

Визначення стратегії позиціонування наведено у табл. 5.17.

Таблиця 5.17. Визначення стратегії позиціонування

№ п/п	Вимоги до товару цільової аудиторії	Базова стратегія розвитку	Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту	Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту (три ключових)
1	Висока якість послуг	Стратегія диференціації	Новизна, гарант якості, точність дослідження	Якість, надійність, точність
2	Мінімальні витрати	Стратегія лідерства по витратах	Універсальність запропонованого рішення	Дешевизна, універсальність

5.5. Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

Ключові переваги концепції потенційного товару наведено у табл. 5.18.

Таблиця 5.18. Визначення ключових переваг концепції потенційного товару

№ п/п	Потреба	Вигода, яку пропонує товар	Ключові переваги перед конкурентами (існуючі або такі, що потрібно створити)
1	Якість	Висока якість, надійність	Надійність
2	Дешевизна	Раціональне використання коштів, дешевше обладнання	Дешевизна

Визначено три рівні моделі товару. Сутність та складові рівнів товару

наведено у табл. 5.19.

Таблиця 5.19. Опис трьох рівнів моделі товару

Рівні товару	Сутність та складові		
I. Товар за задумом	Якісні послуги, стандартизована якість послуг та обладнання		
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики	М/Нм	Вр/Тх /Тл/Е/Ор
	1)Вартість обслуговування,	1) М	1) Е
	2)Кількість комплектів	2) М	2) Пр
	обладнання	3) М	3) Нд
	3)Строк безвідмовної праці	4) М	4) Тх
	4)Технологічна собівартість товару		
	Якість: міжнародні стандарти якості, постійна підтримка обладнання		
	Доставка, встановлення та налаштування		
	Марка: Кіновиробництво		
III. Товар із підкріпленням	До продажу – обладнання, встановлення		
	Після продажу – сервісна підтримка		

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: специфічна методика захоплення та обробка даних. Визначення меж встановлення ціни на послугу наведено у табл. 5.20.

Таблиця 5.20. Визначення меж встановлення ціни

№ п/п	Рівень цін на товари-замінники	Рівень цін на товари-аналоги	Рівень доходів цільової групи споживачів	Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу
1	2500 у.о./од.	1800 у. о./од	Високий	Н.500 у.о. – В.1000 у.о. (Товар) Н.200 у.о. – В.500 у.о. (Послуга)

Формування системи збуту послуги наведено у табл. 5.21.

Таблиця 5.21. Формування системи збуту

№ п/п	Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів	Функції збуту, які має виконувати постачальник товару	Глибина каналу збуту	Оптимальна система збуту
1	Орієнтована на отримання максимальної якості та точності захоплення руху	Поставки якісного, точного та надійного товару	Значна	Договірна система збуту

Концепції маркетингових комунікацій наведено у табл. 5.22.

Таблиця 5.22. Концепція маркетингових комунікацій

№ п/п	Специфіка поведінки цільових клієнтів	Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти	Ключові позиції, обрані для позиціонування	Завдання рекламного повідомлення	Концепція рекламного звернення
1	Зацікавленість в якісному та точному продукті з раціональним використанням ресурсів	Медіа ресурси	Гарантованість якості та стандартизація, політика сервісності	Зацікавити у покращеннях пов'язаних із зростаючою популярністю послуг	Представле ння центру створення реалістично рухомих тривимірних моделей
2	Зацікавленість у великій кількості продукту із дотриманням умов якості	Медіа ресурси	Глибина каналу постачальників, гарант якості	Зацікавити у позитивних сторонах первісності та в глибині каналу постачання	Представле ння центру створення реалістично рухомих 3D та 2D моделей

Висновки до розділу

В даному розділі було запропоновано та проаналізовано комерціалізацію результатів отриманих під час створення магістерської дистртації. Було аналізовано ринок та за рахунок цього встановлено ціни на послуги, що буде поставляти студія.

Оскільки, останнім часом кіноіндустрія досить швидко розвивається, і все більше великих кіностудій залучають до створення, а саме усунення деяких дефектів зйомки, дрібні вузькоспеціалізовані компанії та фрілансерів, що дає змогу першим пришвидшити процес створення фільмів, а другим застосовувати свої знання та можливості в тій області в якій вони спеціалізуються тим самим заробляючи. Отже навіть така вузькоспеціалізована студія по усуненню дефектів КМОН матриць має можливість розвиватись.

Альтернативою впровадження було обрано – пошук технологій та пристроїв для покращення характеристик та функціональних можливостей матриць беззеркальних фотоапаратів. Імплементация проекту доцільна, оскільки рентабельність та зацікавленість потенційних груп клієнтів створює досить сприятливі умови для розвитку проекту.

Також в послугах, а саме напрацюваннях в плані створення спрощених алгоритмів усунення спотворень Rolling Shutter, зацікавлені великі компанії, що створюють цифрові фотокамери на базі КМОН матриць

ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації виконано дослідження функціональних можливостей бездзеркальних фотокамер та визначено найкращий спосіб позбавлення від ефекту Rolling Shutter, який виникає при зйомці об'єктів, що швидко рухаються. Згідно проведених досліджень отримані наступні результати:

1. Виконано аналітичний огляд розвитку фотоапарату, як невід'ємного пристрою для реєстрації зображення. Проведений аналіз історії фотографії, який показав, що за час зміни фотокамери, та носіїв фотографічної інформації основною проблемою була світлочутливість та час витримки. Визначено, що завдяки відсутності механічних елементів, таких як дзеркало, та можливості вимкнення фізичного затвору камери, в бездзеркальних камерах можливо досягти мінімального значення витримки $1/32000$ с. Наразі швидкодія бездзеркальних камер при серійній зйомці обмежується тільки швидкістю зчитування інформації з матриці величиною $1/30$ с. Зазначений вплив апаратних особливостей на зображення та вказано, які спотворення можуть виникати, а саме дефект порядкового зчитування інформації з КМОН матриці – Rolling Shutter.

2. Проведений порівняльний аналіз будови та функціональних можливостей двох типів цифрових камер (дзеркальних та бездзеркальних), який показав, що завдяки електронному затвору бездзеркальні фотокамери мають змогу робити більше кадрів на секунду (20 і більше), на відміну від дзеркальних, що обмежені часом спрацювання механіки дзеркала.

3. Розглянуто методи зйомки об'єктів, що швидко рухаються, вказані особливості процесу такої зйомки і проблеми, які при цьому виникають. Вказано який вплив на розмиття зображення мають такі фактори як: швидкість руху об'єкта зйомки; відстань між об'єктом зйомки і фотоапаратом; фокусна відстань об'єктива, що застосовується; кут між напрямком руху об'єкта і оптичною віссю об'єктива.

Зазначено, що для того, щоб зробити чіткий кадр певного об'єкта, що швидко рухається, необхідно зменшувати витримку фотокамери. Для цього застосовують бездзеркальні системні фотоапарати, в останніх моделях яких реалізовано

мінімальний час витримки на рівні $1/32000$ с, в сукупності з високими значеннями ISO на таких рівнях як 3200 – 6400 ISO, що не псує зображення цифровими шумами. Також необхідним, при такій зйомці, виявляється можливість робити серійну зйомку, з неперервним автофокусуванням.

4. Вивчені причини виникнення ефекту шторкового затвору (Rolling Shutter) та представлені приклади різних дефектів зображень при прояві вказаного ефекту. Виявлено, що чим більшою кількістю пікселів володіє матриця відеокамери або фотоапарата, і чим нижче швидкість передачі даних з цієї матриці, тим сильніше виражений ефект шторкового затвору. Надані рекомендації щодо засобів, які можуть бути використані під час зйомки, об'єктів, що швидко рухаються та допомогти позбавитись від ефектів, які при цьому виникають.

Розглянуто технологію, яка дозволяє зчитувати інформацію з КМОН матриці не порядково, а відразу з усіх пікселів, що дозволяє позбутися спотворень зображення. Запропоновано алгоритм корекції спотворення, що дозволяє позбуватись ефекту шторкового затвору, який можливо використовувати в контролерах фотоапарату для компенсації спотворень зйомки КМОН матрицею з послідовним затвором.

Виконано компенсацію спотворення викликаного ефектом Rolling Shutter, використовуючи програми Adobe Premiere Pro з вбудованим плагіном Rolling Shutter Repair та Mercalli V4 SAL+. Виявлено, що Adobe Premiere Pro з вбудованим плагіном Rolling Shutter Repair виправила спотворення об'єкта, що швидко рухався повз камеру, не змінивши інші ділянки кадру на відміну від Mercalli V4 SAL+, при використанні якої інші частини кадру були помітно змінені.

5. Розроблено стартап-проект, у якому запропоновано створити студію корекції дефектів зйомки об'єктів, що швидко рухаються. Виявлено, що комерціалізація цього стартапу-проекту є доцільною.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Стаття «Камера-обскура: обыкновенное фоточудо, URL: <http://www.nat-geo.ru/photo-master/34462-kamera-obskura-obyknovennoe-fotochudo/> (дата звернення 15.11.2017 р.)
2. Стаття «A BRIEF HISTORY OF THE CAMERA», URL: <https://www.photography-basics.com/history-of-the-camera> / (дата звернення 10.11.2017 р.)
3. Фотооборудование : учеб. Пособие / Д.А. Кудрец. – Минск : РИПО, 2017., 25с.
4. Стаття «Photography history of polaroid cameras 95 land-camera», URL: <http://www.thedailytofu.com/blog/2015/8/2/photography-history-of-polaroid-cameras-95-land-camera> (дата звернення 12.11.2017 р.)
5. ТЕОРИЯ И ПРАКТИКА ФОТОГРАФИИ / Майкл Лэнгфорд 2004, 2-е издание, 576 с.
6. Спеціальні зйомки: Навч.посібник / Прядко О.М. – К.: «Освіта України», 2014. 14 с.
7. Фотоаппаратура Учебное пособие / К.К. Гудинов, Т.А.Трубникова, Санкт – Петербург, 2005, 21с.
8. «Лекции по истории фотографии. / Владимир Левашов»: Тримедиа Контент; Москва; 2014, 10с.
9. Стаття «На что влияет размер матрицы», URL: <http://fototimes.ru/equipment/camera/203-na-chto-vliyaet-razmer-matritsy.html>
10. «Видеосъемка фотоаппаратом, Canon EOS 5D Mark IV: 4К-видео, фазовая фокусировка и другие достоинства новой модели в тесте с 4 объективами», URL: <https://www.ixbt.com/divideo/eos-5d-mark-iv.shtml#2>
11. «Повні технічні характеристики та функції», URL: <https://www.sony.ua/electronics/fotoaparaty-zi-zminnymy-obyektyvamy/ilce-9/specifications#specifications>
12. Стаття «Глубина резкости. Часть 2. Рассчитываем глубину резкости», URL: <http://prophotostyle.ru/блог/глубина-резкости-часть-2-рассчитываем/>

13. Стаття «Стабілізація зображення. Глава 1 – Оптична стабілізація в об'єктивах», URL: <https://kaddr.com/2015/09/stabilizatsiya-izobrazheniya-glava-1-opticheskaya-stabilizatsiya-v-obektivah/>
14. Стаття «Rolling Shutters», URL: <https://jasmcole.com/2014/10/12/rolling-shutters/>
15. R. H. Bartels, J. C. Beatty, and B. A. Barsky, An Introduction to Splines for Use in Computer Graphics & Geometric Modeling. San Francisco, CA: Morgan Kaufmann, 1987.
16. Стаття «Sony Develops a Back-Illuminated CMOS Image Sensor with Pixel-Parallel A/D Converter That Enables Global Shutter Function», URL: <https://www.sony.net/SonyInfo/News/Press/201802/18-018E/index.html>
17. «IP камера 1.3 mp ZIP-430B13» URL: <http://kobi.ua/product/ip-kamera-1-3-mp-zip-430b13/>
18. «Устранение эффекта плавающего затвора» URL: <https://helpx.adobe.com/ru/premiere-pro/using/rolling-shutter-repair.html>
19. Manual «Mercalli V4 SAL +» URL: https://www.prodad.com/_ws/mediabase/_ts_1486396063000//Manual/Mercalli/V4/proDAD%20Mercalli%204_en.pdf
20. Методичні рекомендації до виконання розділу магістерських дисертацій для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ: НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.
21. Тиль П. От нуля к единице: как создать стартап, который изменит будущее / П. Тиль, Б. Мастерс; перевод с англ. – Москва: Альпина паблишер, 2015. – 188 с.
22. Харниш В. Правила прибыльных стартапов: как расти и зарабатывать деньги / В. Харниш; пер. с англ. В. Хозинского. – Москва: Манн, Иванов и Фербер, 2012. – 279 с.
23. О.В. Василенко Використання мереж п'ятого покоління для передачі VR-контенту: Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі. [Електронний ресурс] / Василенко О.В. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського»,

2018. – С. 48. – Режим доступу:

http://kaf-ztri.kpi.ua/wpcontent/uploads/2018/10/CONFERENCE_ZTRI_2018.pdf

24. О.В. Василенко. Порівняння DSLR та MILC фотокамер: Матеріали XI міжнародної науково–практичної інтернет–конференції «Осінні наукові читання» [Електронний ресурс] / Василенко О.В.: Осінні наукові читання: XI Міжнародна науково–практична інтернет-конференція: тези доповідей, Дніпро, 23 листопада 2018 р. – Ч. 1.с.8– Режим доступу:

https://docs.wixstatic.com/ugd/45d5bc_8882b5156b2b4e17a8315ec89bb947b7.pdf

25. О.В. Василенко. Функціональні можливості сучасних фотокамер для потреб зйомки об'єктів, що швидко рухаються Матеріали науково-технічної конференції «Сучасні проблеми застосування електронних та інформаційних технологій в телекомунікаціях, телебаченні та цифровому кінематографі». [Електронний ресурс] / Василенко О.В. К.: НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», 2018. – С. 14.

ДОДАТОК А

Реферат англійською мовою на тему магістерської дисертації

ABSTRACT

The topicality of the theme of the work is that mirrorless cameras, as one of the most advanced hardware for photo and video shooting, are increasingly using modern photographers in their professional work. The development of photographic equipment is accompanied by the use of advanced component of components, whose functionality should ensure the registration of images, without distorting all sorts of effects.

Object of research: light-sensitive sensor of a non-mirror camera, process of reading and encoding of a photo signal.

The purpose of the study is to determine the best way to get rid of the Rolling Shutter effect that occurs in modern, mirrorless cameras, when shooting fast-moving objects.

In order to achieve the goal in the dissertation, the following tasks were solved: the work of mirrorless cameras was investigated, their functional capabilities were studied. The nature of the image distortion detection called Rolling Shutter is explored. The methods of shooting fast-moving objects, algorithms for the correction against defects connected with the serial reading of the data from the matrix of the camera are proposed, and a comparison of the work of two popular programs to liquidation the effect of Rolling Shutter.

Having studied the causes of image distortion, shooting fast-moving objects made it possible to find a way to overcome these imaging defects.

To improve the functionality of non-mirror cameras, you need to get rid of the negative effects when shooting fast-moving objects. The section provides guidance on tools that can be used during shooting, fast moving objects and help to get rid of the effects that occur.

A technology is considered that allows to read information from the KMON matrix not ordinarily, but immediately from all pixels, which allows to get rid of image distortion. It is also suggested to use in this technology the creation of KMON matrices carbon nanotubes instead of semiconductors, because in nanotubes electrons are faster than the length of the tube than in the semiconductor metal elements

The analysis of the images distorted by the Rolling Shutter effect is described and a distortion correction algorithm is developed to get rid of this effect. The algorithm is simple and effective, which allows it to be used in camera controllers to compensate for distortions of shooting a KMON with a sequential shutter matrix. Because instead of finding the exact match between successive frames of the distorted sequence of images, the algorithm uses a general motion estimation, fixation of the parametric curve and image rebuilding to compensate for the distortion.

Also reviewed were two popular programs that can compensate for distortions caused by the Rolling Shutter effect. This is the Adobe Premiere Pro with the built-in Rolling Shutter Repair plugin and the Meralli V4 SAL + application. The study found that Adobe Premiere Pro with the built-in Rolling Shutter Repair plug-in corrected the distortion of a fast-moving camera, without altering other areas of the frame, as opposed to the Meralli V4 SAL +, which also provided the ability to correct distortions caused by the Rolling Shutter effect, but other parts of the frame have been noticeably changed.

It is noted that if you did not completely get rid of the distortion during shooting, we recommend using the Adobe Premiere Pro with the built-in Rolling Shutter Repair plug-in, which more effectively cope with the task.

Due to the use of a planar motion model, the algorithm is only applicable to scenes with moderate depth range. When the depth range is large, pixels of objects close to the camera have relatively larger displacements than pixels of farther objects. Therefore, moving all pixels on a scanline by the same displacement would not generate satisfactory results. For the same reason, the algorithm cannot handle scenes with multiple objects having different motions. These two problems can be remedied by decomposing the image sequence into layers using pixel- or segment-based motion analysis. Each layer can then be processed separately by the algorithm, with user intervention if needed. Another issue is related to the resolution of the velocity estimation. Our algorithm can successfully estimate large motion but may fail for small motion caused by hand shaking. This is because that the impulsive hand shake is of short duration so that only a few scanlines in the image are distorted. In such cases, the global motion estimation and the local motion refinement can hardly detect the hand shake. This remains an open issue

Due to the sequential-readout structure of complementary metal-oxide semiconductor image sensor array, each scanline of the acquired image is exposed at a different time, resulting in the so-called electronic rolling shutter that induces geometric image distortion when the object or the video camera moves during image capture. In this paper, we propose an image processing technique using a planar motion model to address the problem. Unlike previous methods that involve complex 3-D feature correspondences, a simple approach to the analysis of inter- and intraframe distortions is presented. The high-resolution velocity estimates used for restoring the image are obtained by global motion estimation, Bézier curve fitting, and local motion estimation without resort to correspondence identification. Experimental results demonstrate the effectiveness of the algorithm for future research.

The relative motion between a CMOS camera and the scene causes a geometrical distortion known as the rolling shutter effect because CMOS image sensors transfer the pixel data on a line-by-line basis. This distortion becomes annoying if the read-out time per line is significant compared to the integration time. In this paper, we have described an image-domain analysis of the rolling shutter effect and developed a distortion correction algorithm to undo the rolling shutter effect. Instead of finding the exact correspondence between successive frames of the distorted image sequence, the algorithm uses global motion estimation, parametric curve fitting, and scanline realignment to compensate the distortion. The algorithm is simple and effective.

In this paper, was proposed a new readout architecture for CMOS image sensors. By controlling the readout timing and exposure per row, was demonstrated several coding schemes that can be applied within one frame and their applications. The required controls can be readily implemented in standard CMOS image sensors.

Using this algorithm together with an improved CMOS matrix, it can give an impressive result in the form of a sharp picture, even at small shutter speeds.